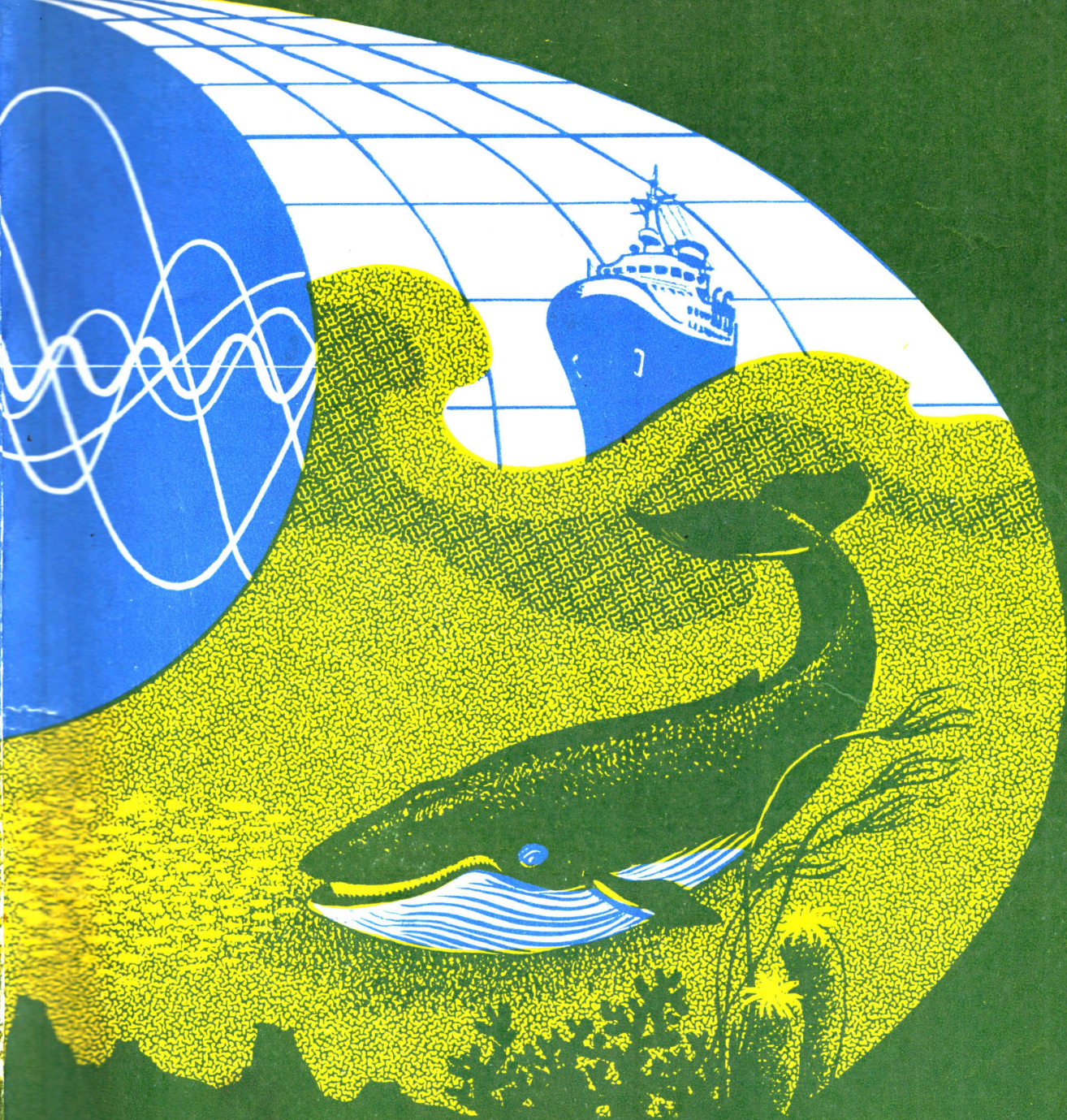




4<sup>1977</sup>

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·  
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·



Победа Октября — главное событие XX века, коренным образом изменившее ход развития всего человечества.

Достижения родины Октября за шесть десятилетий являются убедительным свидетельством того, что социализм обеспечил невиданные в истории темпы прогресса всех сторон жизни общества.

(Из Постановления ЦК КПСС от 31 января 1977 года «О 60-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции»).

***Строителям, рабочим, монтажникам, инженерно-техническим работникам, служащим, ученым, коллективам организаций и предприятий, всем участникам создания, строительства и ввода в действие радиотелескопа РАТАН-600***

**Дорогие товарищи!**

Сердечно поздравляю вас с новым успехом в развитии советской астрономической науки и техники — с вводом в действие крупнейшего в мире радиотелескопа РАТАН-600 в станции Зеленчукской Ставропольского края.

Создание этого уникального астрономического прибора стало возможным благодаря самоотверженному труду и творческому содружеству ученых, строителей, монтажников, инженерно-технических работников и служащих Академии наук СССР, Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, предприятий Министерства энергетики и электрификации СССР, Министерства энергетического машиностроения и других организаций.

РАТАН-600 по своим важнейшим параметрам превосходит все известные радиотелескопы. В его оригинальной конструкции воплощены лучшие достижения отечественной науки и техники. Советские ученые получили совершенный астрономический инструмент, который значительно расширяет возможности в проведении фундаментальных исследований Солнечной системы, нашей Галактики и других объектов Вселенной.

Желаю вам, дорогие товарищи, в преддверии 60-летия Великой Октябрьской социалистической революции дальнейших успехов в развитии советской науки.

**Л. БРЕЖНЕВ**

(«Правда» от 20 марта 1977 г.)



Научно-популярный  
журнал  
Академии наук СССР  
Основан в 1965 году  
Выходит 6 раз в год  
Издательство «Наука»  
Москва

# 4 ИЮЛЬ АВГУСТ 1977

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

Навстречу 60-летию Октября

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Л. М. Бреховских — Звук в океане . . . . .                                                  | 2  |
| Г. Г. Бебенин, Ю. Н. Глазков — В открытом космосе . . . . .                                 | 10 |
| Б. В. Волинов, В. Д. Большаков, В. М. Жолобов, Н. П. Лаврова — Земля с «Салюта-5» . . . . . | 15 |
| Е. П. Федоров — Как найти полюс Земли! . . . . .                                            | 17 |
| В. П. Головков — Магнитное поле Земли . . . . .                                             | 24 |
| Ж.-К. Пекер — Инфракрасная астрономия и галактическая пыль . . . . .                        | 30 |
| Б. П. Артамонов — Взрывается ли «взрывающаяся» галактика! . . . . .                         | 38 |
| Против антинаучных сенсаций                                                                 |    |
| Д. Я. Мартынов — «Летающие тарелки» — тест на интеллект . . . . .                           | 44 |
| ЛЮДИ НАУКИ                                                                                  |    |
| П. В. Щеглов — Валерьян Иванович Красовский . . . . .                                       | 49 |
| Б. С. Залогин — Алексей Дмитриевич Добровольский . . . . .                                  | 52 |
| СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ                                                             |    |
| В. А. Бронштэн — Пленум Центрального совета ВАГО . . . . .                                  | 55 |
| АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ                                                                 |    |
| О. Д. Шебалин — Курс общей геофизики в педагогических институтах                            | 57 |
| ЭКСПЕДИЦИИ                                                                                  |    |
| Н. С. Зайцев — Геологические исследования Академии наук СССР в Монголии . . . . .           | 59 |
| Ю. С. Генштафт, А. Я. Салтыковский — Среди потухших вулканов Монголии . . . . .             | 65 |
| ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ                                                                            |    |
| В. А. Гуриков — Зрительная труба Леонардо да Винчи . . . . .                                | 70 |
| СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ                                                                           |    |
| Из русской космической поэзии XIX века . . . . .                                            | 74 |
| НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ                                                          |    |
| Г. Момчев — Телевизионные наблюдения в Народной обсерватории Ямбола . . . . .               | 76 |
| Л. И. Литвинова, Н. А. Деревенько — Школьный планетарий в поселке Свесса . . . . .          | 78 |
| ФАНТАСТИКА                                                                                  |    |
| Л. С. Хачатурьянц, Е. В. Хрунов — На Фобос! . . . . .                                       | 82 |
| КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ                                                                       |    |
| С. Б. Абрамов — «Союз» — «Аполлон» на почтовых миниатюрах . . . . .                         | 87 |
| КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ                                                                        |    |
| Е. М. Юганов, В. Г. Лазарев — Человек и космос . . . . .                                    | 89 |
| ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ . . . . .                                                       | 91 |
| НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ                                                           |    |

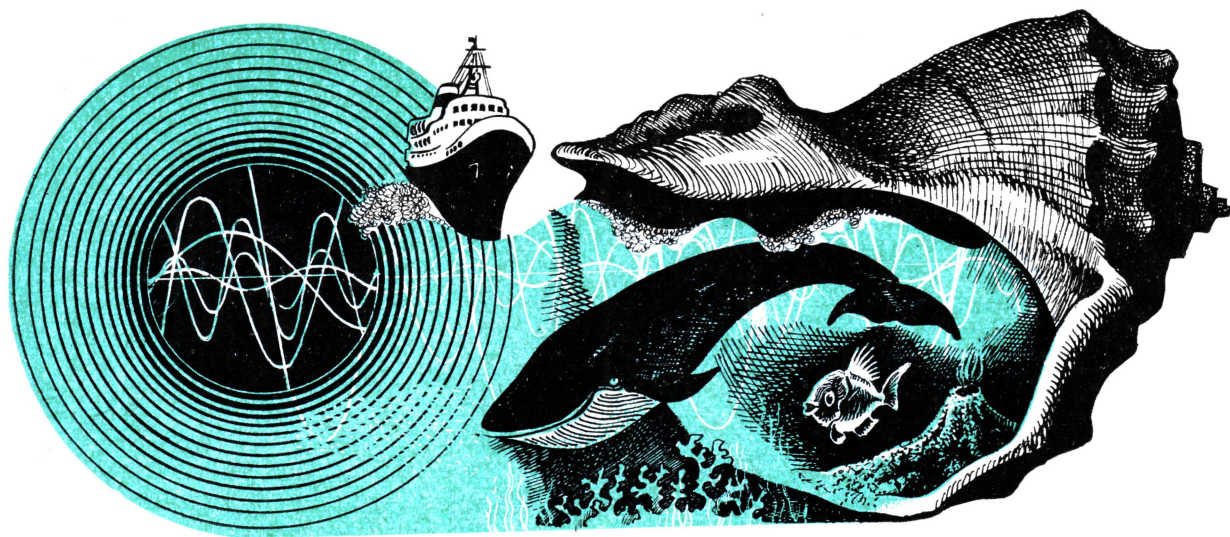
Звезды-лазеры [9]; Убегающее шаровое скопление [23]; Новая малая планета 1976 UA [29]; Все дальше от Солнца [36]; Новые книги [48, 90]; Вечер памяти А. Л. Чижевского [54]; Вращение Меркурия [73]; В конце номера [95].



Лауреат Государственной премии,  
академик Л. М. БРЕХОВСКИХ



## Звук в океане



**«Мир безмолвия»** — толща океанских вод — в действительности полон звуков. Сегодня ученые еще не могут однозначно отождествить отдельные «голоса» морских обитателей с конкретным источником, эта проблема ждет своего решения. А вот о распространении звуковых волн в океане исследователям есть что рассказать — ведь звуковые волны не имеют соперников по дальности пробега. Это свойство звуковых волн активно используется в технике, подводной акустике, океанографии и морской геологии.

Звуковые волны играют исключительно важную роль в исследовании океана и в проникновении в его глубины человека. Все множество областей знания, где применяется подводный звук, естественным образом делится на два класса. Во-первых, на принципе излучения и приема звуковых волн сконструированы приборы для подводной навигации, телекоммуникации и локации. Во-вторых, акустическими методами исследуют поверхность океана, его дно и водные массы.

Мы уже не представляем океанографической аппаратуры без акустических датчиков и приемников. Упомянем, например, эхолоты, гидролокаторы, акустические измерители течений, звуковые размыкатели, аку-

стические маяки, устройства для передачи информации от донных приборов на поверхность.

Значительным достижением в морской геологии в последнее десятилетие стало бурение дна глубокого океана сквозь осадки. Понять историю океана и создать концепцию тектоники плит было бы невозможно без подводного звука: понадобилась точная привязка бурильного корабля к месту, необходимо было обеспечить повторное восхождение бурового инструмента в одну и ту же скважину.

Новыми, очень эффективными оказались в изучении океанских течений акустические нейтральные поплавки, которые дрейфуют свободно в водных массах и передают информацию



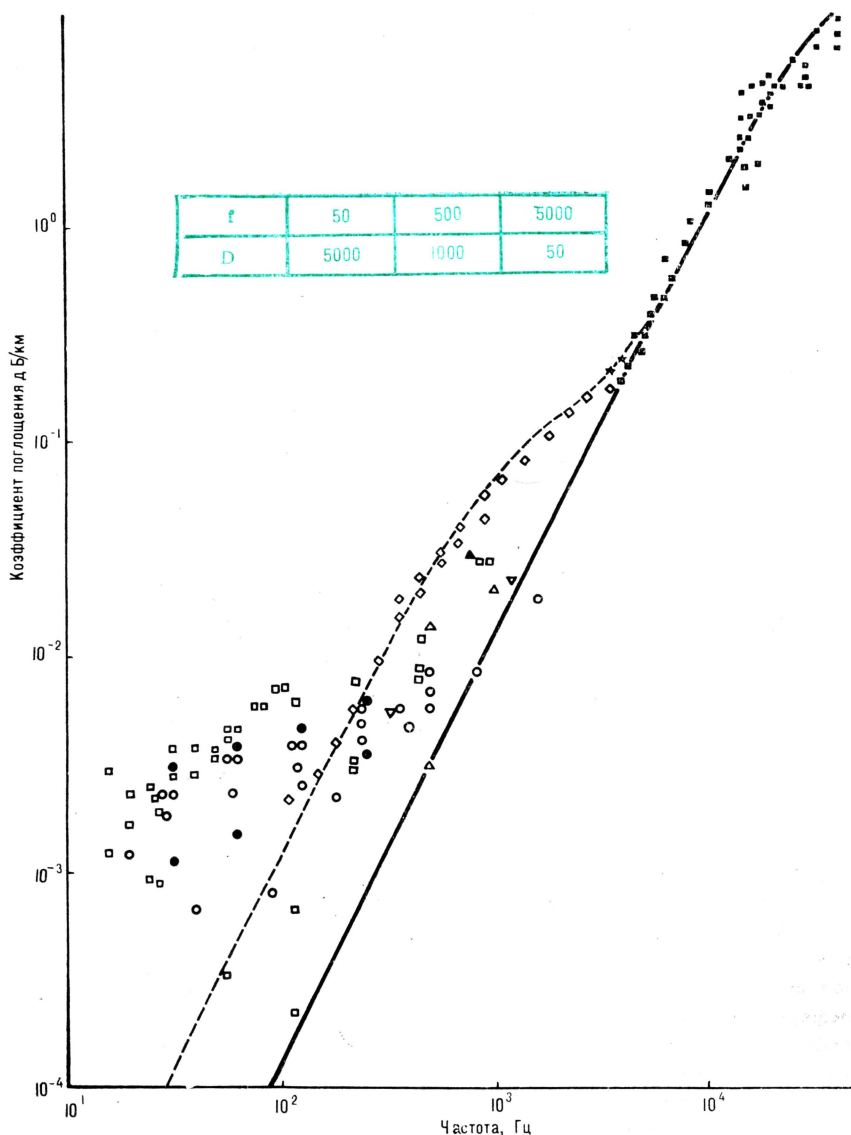
о параметрах морской воды и ее движении. Для определения координат этих поплавков используется акустический канал связи.

### ПОГЛОЩЕНИЕ ЗВУКА В МОРСКОЙ ВОДЕ

Использовать звуковые волны в глубинах океана удастся благодаря их малому поглощению в морской воде. Многочисленные экспедиции в различных районах океана измеряли коэффициент поглощения звука (децибелы на километр)\*, подробно исследовали дальности распространения звуков различных частот. Для звуков низких частот (50—100 Гц) это — тысячи километров. Ученым пока неизвестен никакой другой вид излучения, который мог бы конкурировать со звуковой волной по способности распространяться в океане на большие расстояния. Например, электромагнитные волны (даже мощный пучок лазера) поглощаются почти полностью уже на расстоянии 1 км.

Поглощение звуковой энергии в воде — только одна из причин уменьшения амплитуды звуковой волны с расстоянием. Другая причина — геометрическое расширение фронта волны. Однако последнее обстоятельство менее существенно при распространении волны вдоль подводного звукового канала — акустического волновода. Такой волновод всегда возникает в глубоком океане вследствие изменения скорости звука с глубиной. Ось волновода совпадает с

\* Ослабление на 10 дБ соответствует уменьшению интенсивности волны в 10 раз.



Коэффициент поглощения звука в морской воде как функция частоты. Кружочки, треугольники и квадраты — экспериментальные данные разных авторов. Сплошная линия — теоретический результат для поглощения, обусловленного релаксацией в  $MgSO_4$ . Пунктирная линия — теоретическая при условии, что учтена низкочастотная релаксация (возможно, обусловленная солями бора). На врезке приведены частоты  $f$  в герцах и расстояния  $D$  в километрах, на которых энергия волн этих частот ослабляется из-за поглощения в 10 раз

горизонтом минимума скорости звука.

Наблюдения показывают, что поглощение звука в океане ослабляется при понижении частоты, но этот спад прекращается на частотах порядка 100 Гц. По-видимому, это обусловлено меньшей эффективностью звукового канала на очень низких частотах, так как длина волны становится по порядку величины сравнимой с вертикальным размером канала.

Загадочной представляется природа звукового поглощения в полосе частот 100—2000 Гц. Возможно, оно



обусловлено присутствием небольшого количества солей бора в морской воде. На высоких частотах поглощение хорошо предсказывается теоретически: оно обусловлено диссоциацией растворенной в морской воде соли  $MgSO_4$  (на частотах до 500 кГц) и вязкостью воды (на более высоких частотах).

#### СОБСТВЕННЫЕ ПОДВОДНЫЕ ШУМЫ ОКЕАНА

В океанских глубинах в любое время и в любом месте существует шумовой фон, простирающийся по частотам от долей герца до мегагерца и выше. На очень низких частотах (0,1—10 Гц) источниками шума могут быть извержения вулканов, сейсмическая активность Земли, штормы в атмосфере, турбулентность океана и атмосферы, поверхностные волны.

Низкочастотные шумы океана могут регистрироваться не только в воде, но и в воздухе. Нелинейное взаимодействие поверхностных морских волн порождает инфразвуковые волны в атмосфере. Эти волны попадают в атмосферный акустический волновод и распространяются на очень большие расстояния. Регистрируя инфразвуковые волны, можно обнаружить сильные штормы на расстояниях многих сотен (а иногда и тысяч) километров.

В частотной полосе 50—500 Гц главными источниками подводного шума являются морские суда. Их можно обнаружить на удалении 1000 км или более от судоходных трасс. Свыше тысячи судов, например, находятся в каждый момент времени в Север-

ной Атлантике, и это создает своеобразное акустическое поле.

В полосе частот 500—50 000 Гц подводный шум непосредственно связан с состоянием поверхности моря и силой ветра. Многие динамические процессы на поверхности океана и вблизи нее — такие, как разрушение волн, кавитация воздушных пузырьков в поверхностных слоях, насыщенный воздухом, нелинейное взаимодействие поверхностных волн, — ответственные за генерацию шума на этих частотах.

На частотах выше 100 кГц преобладают тепловые и молекулярные шумы.

Биологические шумы или «голоса» морских животных, когда они «общаются» друг с другом, отпугивают врагов или ищут добычу, как правило, не очень интенсивны и зависят в большей степени от места и времени. Но этот вид шума очень важен для изучения индивидуального и группового поведения животных.

Интересную загадку представляют регулярные звуковые цуги частоты 20 Гц, нередко наблюдаемые как в Атлантическом, так и в Тихом океанах. С большей вероятностью можно утверждать, что они имеют биологическую природу и что излучают эти сигналы киты, но механизм их генерации еще неизвестен.

На заре подводной акустики собственные шумы океана интенсивно изучались главным образом потому, что они понижали эффективность подводных акустических систем. Теперь изучение шумов важно еще и по другой причине — оно помогает определять характеристики таких источников шума, как волнующаяся по-

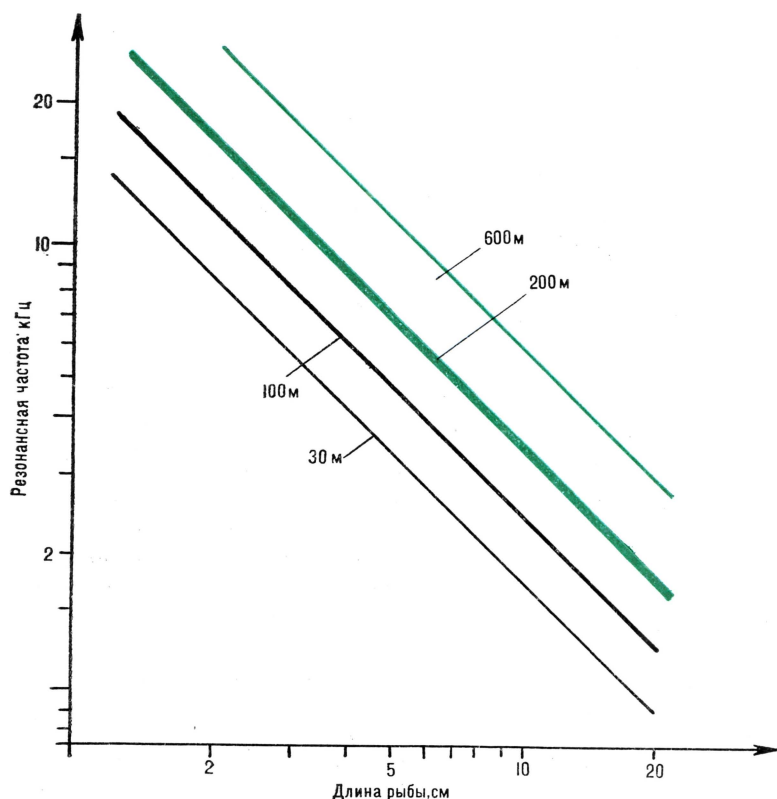
верхность, тектонические процессы в земной коре под океаном, излучение сигналов многими видами животных, — иными словами, решается обратная задача.

#### ЗВУКОВЫЕ РАССЕИВАЮЩИЕ СЛОИ

**Звукорассеивающие слои в океане** первоначально были обнаружены на записях эхолотов как дополнительное, «фиктивное» дно. Это дно часто пересекает весь океан от континента к континенту. В дневное время оно находится на глубинах 300—600 м, а с заходом Солнца начинает подниматься. Ночные его глубины 100—150 м. С восходом Солнца слои опускаются. Эти миграции привели к предположению, что «фиктивное» дно имеет биологическую природу. Действительно, многочисленные ловы планктона на разных глубинах обнаружили в звукорассеивающих слоях большое количество зоопланктона. Казалось бы, загадка «фиктивного» дна решена: оно состоит из многих мелких планктонных организмов, которые рассеивают звук. В это время и родился термин «звукорассеивающие слои». Термин остался, но гипотеза о природе звукорассеивающих слоев была ошибочной.

Многочисленные оценки, произведенные акустиками, показали, что масса планктонных организмов совершенно недостаточна для того, чтобы породить наблюдаемый акустический эффект. Позднее глубоководным тралением было установлено, что в звукорассеивающих слоях встречаются небольшие батипелагические рыбы. Некоторые из них, как правило, имеют плавательные пузы-





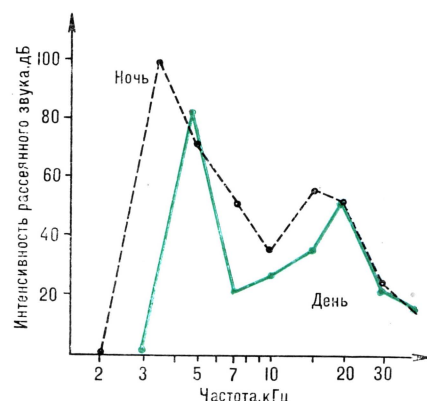
ри. Этот наблюдательный факт породил новую гипотезу о том, что рассеяние звука обусловлено резонансными колебаниями плавательных пузырей. Такой вид рассеяния, по-видимому, и является основным. Теоретические вычисления показали, что присутствия нескольких резонирующих рыб в  $1000 \text{ м}^3$  воды достаточно, чтобы образовался наблюдаемый акустический эффект. Теоретически была получена зависимость резонансной частоты колебания плавательного пузыря от длины тела рыб и различных глубин. На глубине слоя 600 м (дневное время) присутствующие в звукорассеивающем слое большие рыбы (скажем, 20 см) должны иметь резонансные частоты около 3 кГц. Для маленьких рыбок (2 см длины), обнаруженных в звукорассеивающем слое, резонансная частота в дневное время около 30 кГц. Ночью эти частоты приблизительно в 2 раза ниже. Предсказания теории находят-ся в хорошем согласии с экспериментом. Так, в итоге экспериментов,

проводившихся в тропической Атлантике, была получена зависимость интенсивности рассеянного звука от частоты и времени суток. Часто в звукорассеивающих слоях присутствуют рыбы двух и больше размеров. Например, в одном из опытов ночью слой находился на глубине 150—200 м, а резонансные частоты были

■ Теоретическая зависимость резонансной частоты рыбы с плавательным пузырем от длины рыбы и глубины ее обитания (по И. Б. Андреевой)

■ Зависимость интенсивности рассеянного звука от частоты (по данным одного из наблюдений в Атлантическом океане). Как дневная, так и ночная кривые имеют по два максимума. Это означает, что в слое присутствуют рыбы двух разных размеров, резонирующие на двух разных частотах.

Поскольку ночью слой располагался на меньшей глубине, максимумы ночной кривой соответствуют более низким частотам

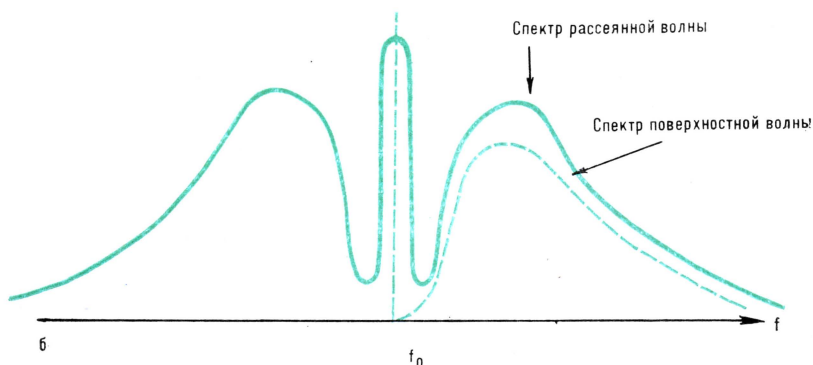
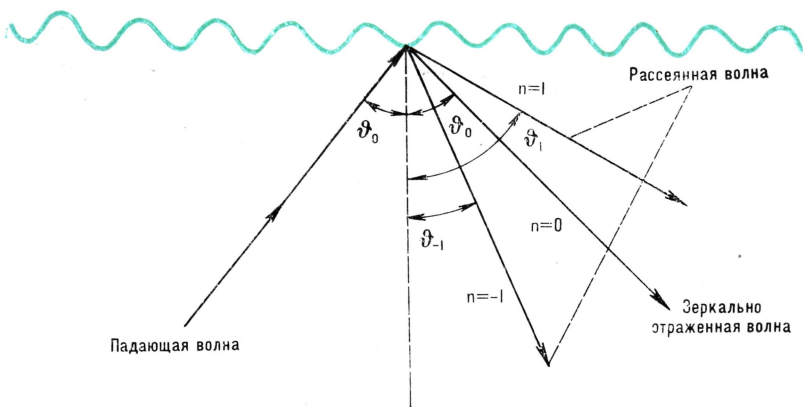


3,5 и 15 кГц, днем — на глубине 400—500 м, а частоты составляли 5 и 20 кГц. Анализируя эти данные, можно заключить, что длина двух типов рыб была 8 см и 2 см. Соответствующие данные биологических обловов подтвердили эти выводы.

Во многих экспериментах звукорассеивающие слои наблюдались на глубинах более 2000 м. Было также найдено, что население звукорассеивающих слоев состоит не только из рыб с плавательными пузырями, но и из многих других типов организмов — таких, как рыбы без пузырей, креветки, мелкие кальмары и др. Есть основание предполагать, что звуковое рассеяние на частотах 30 кГц и выше обусловлено этими нерезонансными рассеивателями.

## РАССЕЯНИЕ ЗВУКА ПОВЕРХНОСТЬЮ ОКЕАНА

Поверхность океана — активный рассеиватель звука. Наиболее важным параметром теории рассеяния



звукa поверхностью океана является отношение амплитуды поверхностной волны к длине звуковой волны. Предположим, что это отношение мало. В этом случае процесс рассеяния очень прост. Каждый из гармонических компонентов спектра поверхностных волн рассеивает звук независимо, в соответствии с **резонансным законом**.

Чтобы проиллюстрировать этот закон, рассмотрим простейший случай,

3

Рассеяние звуковой волны неровной поверхностью океана. Одной падающей волне (угол падения  $\theta_0$ ) соответствует зеркально отраженная волна и множество рассеянных (верхний рисунок). Частотный спектр рассеянной волны состоит из центральной линии  $f_0$  и боковых крыльев, форма которых повторяет форму спектра поверхностных волн (нижний рисунок)

когда направление распространения поверхностной волны и волновой вектор звуковой волны лежат в одной плоскости. Падающая волна (угол падения  $\theta_0$ ) дает начало многим рассеянным волнам с углами рассеяния  $\theta_n$  ( $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ). В соответствии с резонансным законом, углы  $\theta_0$  и  $\theta_n$  связаны соотношением:

$$\sin \theta_n = \sin \theta_0 + n \frac{\lambda}{\Lambda},$$

где  $\lambda$  — длина звуковой волны,  $\Lambda$  — длина поверхностной волны. Частоты рассеянных волн оказываются равными  $f_n = f_0 + nF$ , где  $F$  — частота поверхностной волны. Интенсивность рассеянных волн для  $n \geq 2$  очень мала, и чаще всего этими волнами можно пренебрегать.

Теперь примем во внимание, что в реальном случае всегда есть непрерывный частотный спектр поверхностных волн. Каждая из этих волн генерирует две рассеянные волны, ам-

плитуды которых пропорциональны амплитуде соответствующей поверхностной волны. В результате спектр звука, рассеянного поверхностью океана, будет состоять из центральной линии (частота  $f_0$ ), по обе стороны от которой будут «крылья» с формой, повторяющей форму спектра поверхностного волнения.

## АКУСТИКА ДНА ОКЕАНА

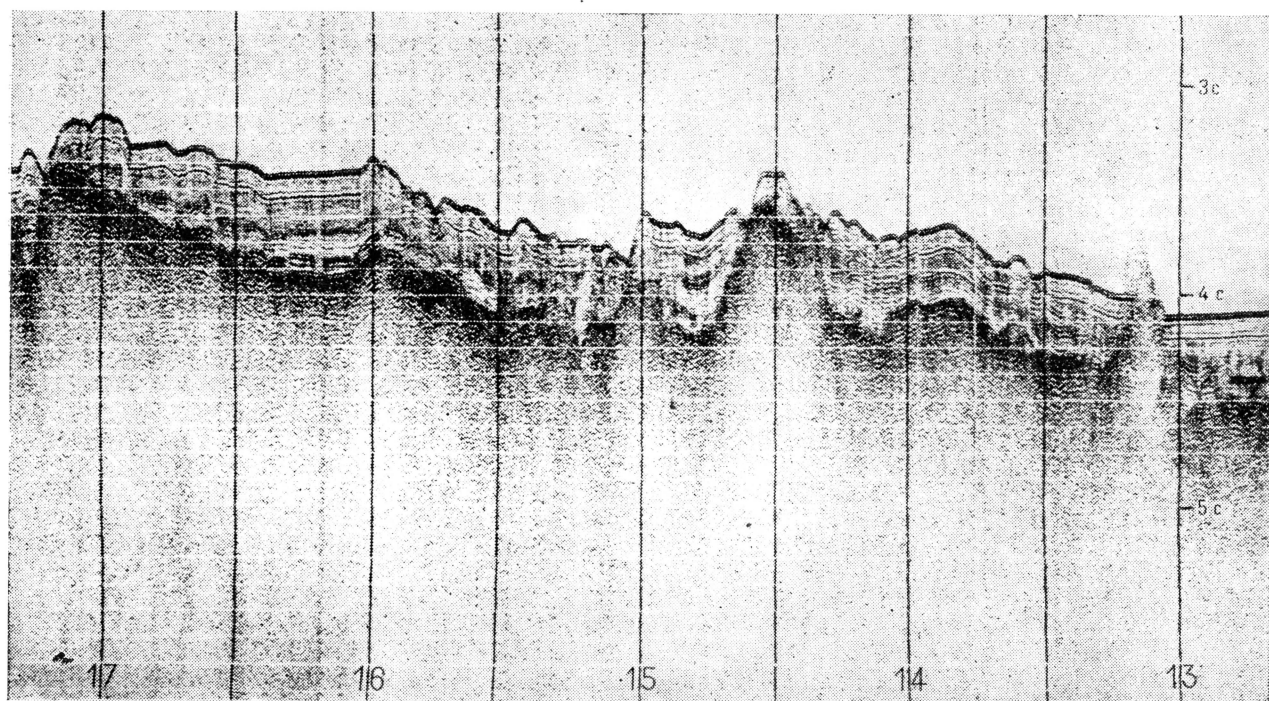
Звуковые волны проникают глубоко в дно океана. Поэтому они становятся мощным средством его исследования. Коэффициент поглощения звука  $\alpha$  в различных насыщенных водой осадках оказывается пропорционален частоте  $f$ :

$$\alpha \text{ дБ/м} = kf_{\text{ГГц}}.$$

Коэффициент пропорциональности  $k$  для различных осадков изменяется приблизительно от 0,03 до 0,6. Он изменяется также и с глубиной. Если положить  $k=0,1$ , то затухание для частоты 10 Гц будет  $\alpha=1$  дБ/км. Это в 1000 раз больше, чем затухание звука той же частоты в морской воде. Тем не менее оно достаточно мало, что позволяет «прозвучивать» дно до глубины 30—40 км, используя взрывные источники звука (сейсмоакустические методы).

С помощью слабых источников («воздушных пушек», частота звука 20—50 Гц) можно очень точно изучать структуру дна до глубин 5—8 км (практически до границы Мохоровичича). Например, в одной из последних экспедиций советского исследовательского судна «Витязь» по результатам непрерывного сейсмопрофилирования построены структуры

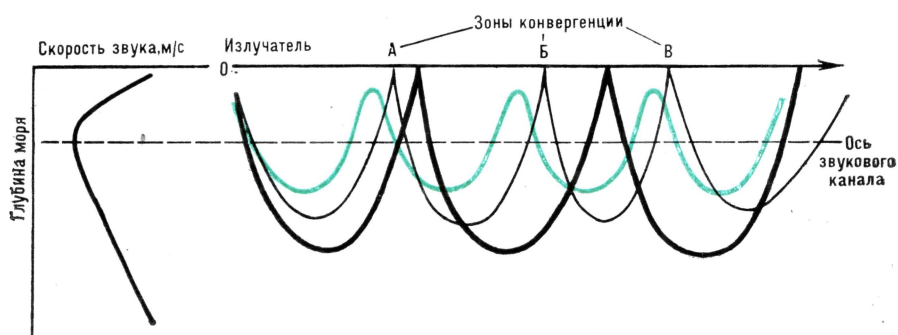




верхних слоев Восточно-Индийского хребта.

#### РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

Низкочастотные звуковые волны в океане распространяются на исключительно большие расстояния. Этому способствует малое затухание низкочастотных звуковых волн в воде, а также наличие в глубоком океане акустического волновода — подводного звукового канала. Американские ученые провели интересный опыт, получив горизонтальный разрез звукового поля в Атлантике на частотах 14 Гц и 111 Гц до расстояния 2800 км от излучателя. Еще раз подтвердилось, что распределение интенсивности звукового поля крайне неоднородно. Зоны высокой интенсивности (они называются **зонами конвергенции** из-за сильной концентрации звуковых лучей в них) чередуются с зонами **акустической тени**. Расстояние от одной зоны конвергенции до другой составляет в Центральной Атлантике 66 км. Для частоты 14 Гц такие зоны прослеживались до 2400 км, для 111 Гц — до 1700 км. В опыте обнаружилось и другое очень интересное явление. Интенсивность звука в верхних слоях океана начиная с 700 км и далее в среднем не уменьшалась с увеличением расстояния

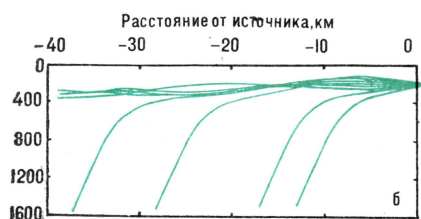
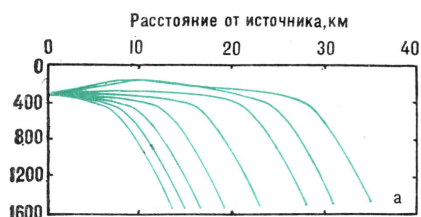
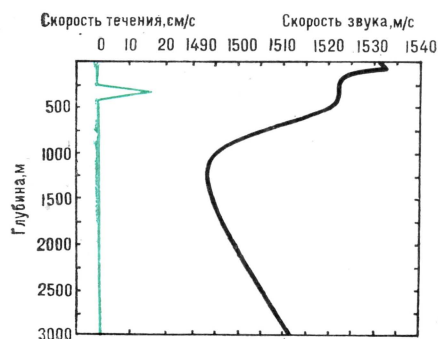
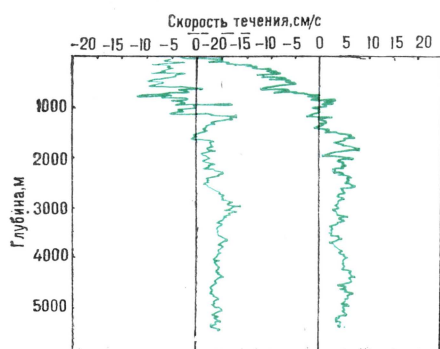


ности звукового поля крайне неоднородно. Зоны высокой интенсивности (они называются **зонами конвергенции** из-за сильной концентрации звуковых лучей в них) чередуются с зонами **акустической тени**. Расстояние от одной зоны конвергенции до другой составляет в Центральной Атлантике 66 км. Для частоты 14 Гц такие зоны прослеживались до 2400 км, для 111 Гц — до 1700 км. В опыте обнаружилось и другое очень интересное явление. Интенсивность звука в верхних слоях океана начиная с 700 км и далее в среднем не уменьшалась с увеличением расстояния

вплоть до максимального. Этот факт объясняется тем, что структура океанских вод при продвижении на такие расстояния изменяется. В данном случае это изменение сводилось к тому, что глубина залегания оси звукового канала при удалении от источника постепенно уменьшалась — про-

Структура верхних слоев дна океана в области Восточно-Индийского хребта (по материалам одного из последних рейсов «Витязя»). По вертикали отложено время между излучением звука и его возвращением, по горизонтали — расстояние. Каждый интервал между вертикальными линиями — 6 морских миль

Типичный профиль скорости звука для глубокого океана (слева). Справа — соответствующая приведенному профилю картина звуковых лучей. Пунктирной линией показана ось подводного звукового канала



исходило некоторое повышение концентрации звуковой энергии в верхних слоях.

### ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ ТОНКАЯ СТРУКТУРА В ОКЕАНЕ

Скорость течений в океане очень мала по сравнению со скоростью звука. Поэтому, как правило, течения не действуют на акустические поля. Но имеются важные исключения. Не-

*Вертикальный профиль скорости горизонтального течения, полученный с помощью свободно падающего электромагнитного измерителя течений. Кроме некоторого среднего изменения скорости течения с глубиной видны и быстрые флуктуации скорости (тонкая структура)*

*Модель, использованная для вычисления рефракции звуковых лучей при наличии течения (по Сэнфорду). Слева — профиль скорости течения, справа — профиль скорости звука (взяты из эксперимента). Центральная зона звукового канала охватывает глубины 1110—1500 м. Скорость течения примерно в 10 000 раз меньше скорости звука, но она оказывается существенной*

*Картина звуковых лучей для модели океана, изображенной на предыдущем рисунке: а — звук распространяется в направлении течения, б — против течения (поэтому расстояния показаны отрицательными). Дальность распространения лучей против течения в данном случае оказывается существенно большей*

давно было открыто, что горизонтальная скорость течения, имеющая некоторую среднюю зависимость от глубин, изменяется вблизи средней кривой очень нерегулярно. Причиной этой нерегулярности является существование горизонтальных инерциальных течений, разных на различных глубинах. Поэтому вертикальный градиент скорости течений на некоторых глубинах оказывается относительно высоким. Если вертикальный градиент скорости звука на этих глубинах мал, будет наблюдаться значительное влияние течения на звуковое поле. При этом сильнее всего изменяют свою траекторию те звуковые лучи, которые на этих глубинах направлены горизонтально.

Американский ученый Сэнфорд построил лучевую картину для модели, в которой использован реальный профиль скорости звука в Саргассовом море и предполагаемый профиль течения. Скорость течения была взята равной нулю всюду, кроме слоя между 250 и 400 м. Изучалось распространение звуковых волн, излучаемых источником на глубине 350 м. Было получено два варианта распространения звуковых лучей: когда звук распространяется в направлении течения и когда против течения. Оказалось, что влияние течения очень существенно. Дальность распространения лучей против течения в данном случае оказалась существенно больше.

В океане существует также тонкая структура температуры. Сложный характер распределения температуры и температурного градиента с глубиной вызывает многолучевое распространение звука. Вследствие этого



возникают дополнительные флуктуации фазы и амплитуды звукового сигнала.

### АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДАМ — БОЛЬШОЕ БУДУЩЕЕ

Мировой океан становится все более важным полем деятельности человека. Освоение океанских глубин, открытие и использование минеральных, биологических и энергетических ресурсов требуют новых средств и аппаратуры для подводных наблюдений, локации, телекоммуникации и для других целей. За немногим исключением, вся эта аппаратура и методы — акустические.

Для прогнозов погоды надо лучше знать динамику водных масс в океане. Между тем количество информации, получаемой в единицу времени об океане, в 1000 раз меньше, чем количество аналогичной информации об атмосфере.

Чтобы понять геологическую природу нашей планеты и исследовать

минеральные ресурсы, нам нужны знания структуры дна океана на больших глубинах.

Единственный путь заполнить разрыв между доступной и требуемой информацией об океане — это активное внедрение дистанционных методов исследования океана. Существуют два взаимодополняющих друг друга метода: первый — использование спутниковой информации о поверхности океана и атмосферы над ним, полученной с помощью электромагнитного излучения; второй — исследование структуры и движения водных масс океана с помощью акустических поплавков нейтральной плавучести, следующих за водными массами, или заякоренных буйев. Каждый буй или поплавок нейтральной плавучести могут измерять все компоненты скорости течения, турбулентность, температуру, собственные шумы и многие другие параметры и передавать информацию на корабль или спутник с помощью гидрофонов и радиопередатчиков.

Привлекает идея прямой передачи информации об океане звуковыми волнами из-под воды на спутник. Однако это очень затруднено чрезвычайно малой согласованностью атмосферы и океана в акустическом отношении. Меньше чем тысячная доля энергии звуковой волны, падающей из-под воды на поверхность, проникает в воздух. Звуковое давление в акустической волне ослабляется в том же соотношении. Правда, скорость частиц в воздухе будет в 2 раза больше, чем в падающей волне в воде, но абсолютное значение этой скорости очень мало.

Распространение звуковых волн в океане и их роль в изучении Земли — одна из интереснейших проблем современной акустики, и я буду удовлетворен, если моя статья отразила разносторонность этой проблемы.



### ЗВЕЗДЫ-ЛАЗЕРЫ

В спектрах некоторых очень горячих звезд (например таких, как звез-

ды типа Вольф — Райе и ядра планетарных туманностей) наблюдается странная особенность: линия излучения ионизованного гелия с длиной волны 4686 Å необычно яркая. Несколько лет назад английский ученый Г. Мензел выдвинул идею о том, что атмосфера таких звезд излучает как природный газовый лазер. Предположение это оставалось недоказанным до тех пор, пока в 1976 году канадские ученые И. Варшни и С. Лам не подтвердили его расчетами.

Канадские ученые строили модели атмосфер очень горячих звезд. Газ в таких атмосферах расширяется с большой скоростью, плотность быстро падает, в плазме бурно протека-

ют процессы рекомбинации и вещество остывает. Согласно расчетам И. Варшни и С. Ламы, в атмосфере создаются условия для того, чтобы верхние энергетические уровни ионов гелия оказались заполненными больше, чем нижние. Возникает «усиливающая» газовая среда — такая, как в обычных газовых лазерах. Излучение гелия на волне 4686 Å вынуждает излучать на той же частоте возбужденные атомы. Атмосфера звезды становится своеобразным усилителем излучения.

«Astrophysics and Space Sciences»,  
45, 1, 1976.



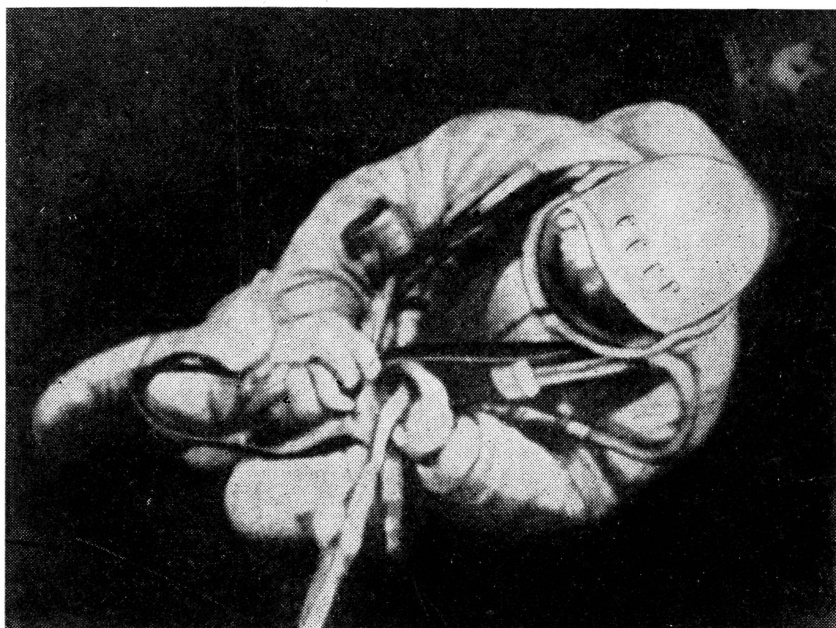
Доктор технических наук  
Г. Г. БЕБЕНИН  
Герой Советского Союза  
летчик-космонавт СССР,  
кандидат технических наук  
Ю. Н. ГЛАЗКОВ

## В открытом космосе

**Зачем космонавту выходить в открытый космос? Что конкретно ожидает его там и как он движется за пределами корабля, рассказывают авторы этой статьи.**

### НУЖНО ЛИ ВЫХОДИТЬ В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС?

Безусловно. И впервые в мире 18 марта 1965 года это сделал дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР А. А. Леонов, который провел в открытом космосе 12 минут. Обширное поле деятельности космонавта вне корабля очевидно. Здесь и настройка некоторого бортового оборудования орбитальных станций, и транспортировка грузов, и оказание помощи кораблям, терпящим бедствие. Помимо этого, очень большие, постоянно действующие орбитальные станции, которые появятся в будущем, придется собирать прямо на орбите. Таково мнение многих специалистов. Но и сегодня космонавты иногда должны работать — по запланированной программе или в силу случайного стечения обстоятельств — в открытом космосе. Дело в том, что на внешней стороне современных космических кораблей и станций размещено разнообразное оборудование: антенны, солнечные батареи, теплозащитные экраны, зеркала оптических приборов, объективы кино- и телекамер, стыковочные агрегаты — всего и не перечислить. Перед стартом часть этого, как правило, находится в сложенном состоянии, объективы оптических устройств защищены крышками — обтекателями.



В космическом пространстве автоматика переводит приборы и агрегаты в рабочее положение и сбрасывает обтекатели. Вот тогда-то могут возникнуть неисправности, для устранения которых космонавт должен выйти из корабля или станции. Оборудование, расположенное на поверхности космического аппарата, может отказать и в полете.

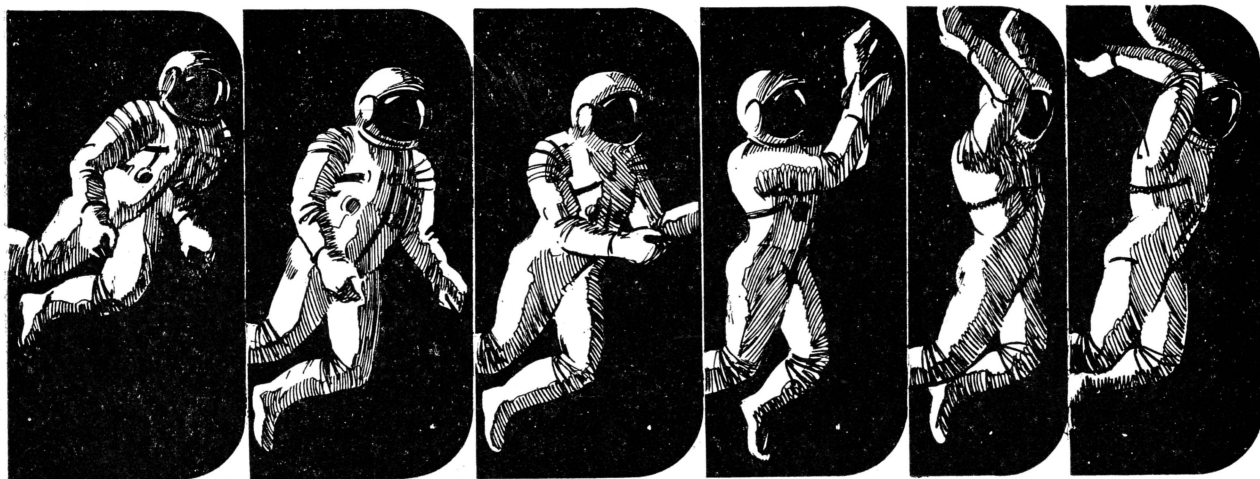
Вспомним, как под угрозой оказалась американская программа «Скай-лэб» («Земля и Вселенная», № 5, 1973, с. 33, 46—49; № 6, 1973, с. 18—20.—Ред.). На активном участке по-

лета был сорван экран для защиты от метеоритов (он служил одновременно и теплозащитой) и разрушилась одна из основных панелей солнечных батарей, а вторая панель не раскрылась. И хотя наземные пункты управления получили от контрольных бортовых автоматов телеметрическую информацию об этих неисправностях, их характер и возможные пути устранения могли определить только астронавты.

Приблизив корабль «Аполлон» к станции и выполняя групповой полет на расстоянии нескольких метров, астронавты выявили повреждения. Оказалось, что панель солнечной батареи не раскрылась из-за заклинившего ее осколка экрана. Почти 6 часов два астронавта проводили ре-

Выход дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР А. А. Леонова в открытый космос





монт в открытом космосе. И несмотря на все трудности, ремонтные операции были успешно завершены благодаря самому активному и непосредственному вмешательству человека.

Другой пример: неисправность в электронике стыковочного агрегата возникла при стыковке транспортного корабля «Аполлон» со станцией «Скайлэб». После серии неудачных попыток состыковаться астронавты были вынуждены вести ремонт в разгерметизированном корабле, по сути дела, в открытом космосе.

Что же ожидает космонавта за пределами корабля? Прежде всего — глубокий вакуум, в котором человек существовать не может, затем солнечное излучение, интенсивность которого не ослаблена защитным слоем атмосферы, и космический холод. Да и метеорные частицы могут причинить серьезные неприятности. Однако перечень опасностей этим не исчерпывается.

И все-таки, несмотря на опасность, человеку нужно выходить в открытый космос!

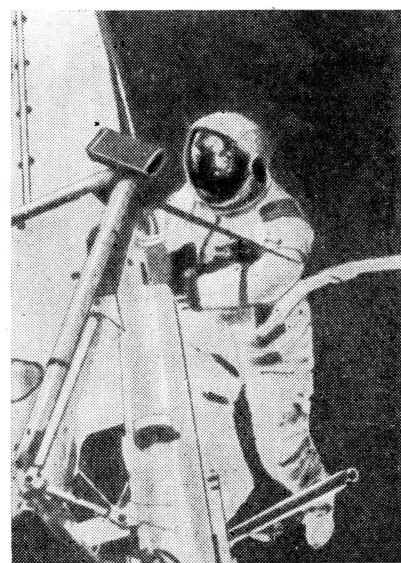
#### КАК ПЕРЕМЕЩАЕТСЯ КОСМОНАВТ?

Если представить идеальный случай, когда космонавт «аккуратно» без единого толчка выходит в космос, то он так и будет лететь в непосредственной близости от корабля по той

же орбите. Оттолкнувшись при выходе из корабля — по небрежности, либо специально — от его поверхности, космонавт перейдет на другую орбиту. Толчок происходит под произвольным углом к вектору скорости. При этом изменяется как величина скорости, так и ее направление. Если скорость увеличится, космонавт перейдет на орбиту с большим периодом обращения (и большей полуосью), а если уменьшится, то — с меньшим периодом обращения (и меньшей полуосью). Сумеет ли космонавт встретиться с кораблем? Для этого нужно, чтобы корабль и космонавт сделали целое (но разное) число оборотов вокруг Земли за одно и то же время, так как в результате толчка скорость космонавта изменится (пусть и на очень малую величину) по сравнению со скоростью движения корабля.

Предположим, что в результате толчка период обращения космонавта увеличился на 0,54 секунды, то есть на 0,009 минуты. Период обращения корабля был равен 90 минутам. Следовательно, встреча произойдет после того, как корабль совершит 10 001, а космонавт 10 000 оборотов вокруг Земли, что соответствует 900 090 минутам. Таким образом, они встретятся примерно через 1,7 года! Малоутешительная арифметика.

Понять, как должен вести себя космонавт, чтобы не отстать от своего временного жилища, можно, лишь



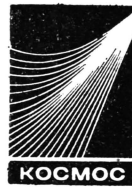
уяснив, по каким законам он движется в космическом пространстве. Один из них — закон сохранения момента количества движения гласит: если на механическую систему, состоящую из нескольких материальных тел, не действует внешний момент, то ее сум-

Движение космонавта в открытом космосе: чтобы податься вперед, он делает маховое движение назад поднятыми вверх руками

Астронавт А. Бин ремонтирует орбитальную станцию «Скайлэб» («Astronautics and Aeronautics», 11, 11, 1973)







марный момент количества движения остается постоянным ( $\Sigma L_1 = \text{const}$ ,  $L$  — момент количества движения). Очень важное условие — отсутствие внешнего момента!

На свободно парящего космонавта практически не действуют внешние моменты. Поэтому движение руки, ноги или головы космонавта должно привести к вращению туловища. Это вращение происходит в соответствии с законом сохранения момента количества движения всего тела космонавта, так как возмущающим моментом от действия гравитационного, магнитного и электрического полей, а также давлением разного рода излучений можно пренебречь ввиду их малости. Такой эффект имеет положительные и отрицательные последствия. Пользу из него космонавт может извлечь, когда ему нужно повернуться. Чтобы податься вперед, достаточно сделать маховое движение назад поднятыми вверх руками. После определенной тренировки космонавт может с помощью рук и ног разворачиваться в заданном направлении. Эту операцию называли **маневром самоориентации**.

Однако космонавта при этом ожидают и неприятности. Предположим, что необходимо изменить только положение рук, оставаясь неподвижным. Увы, это ему не удастся. Более того, резкие и сложные движения могут привести к беспорядочному вращению тела. Поэтому в открытом космосе нужно совершать по возможности очень плавные движения. Космонавт должен научиться, например, движением ног компенсировать движение рук, с тем чтобы сохранить неизменным положение тела. Это до-

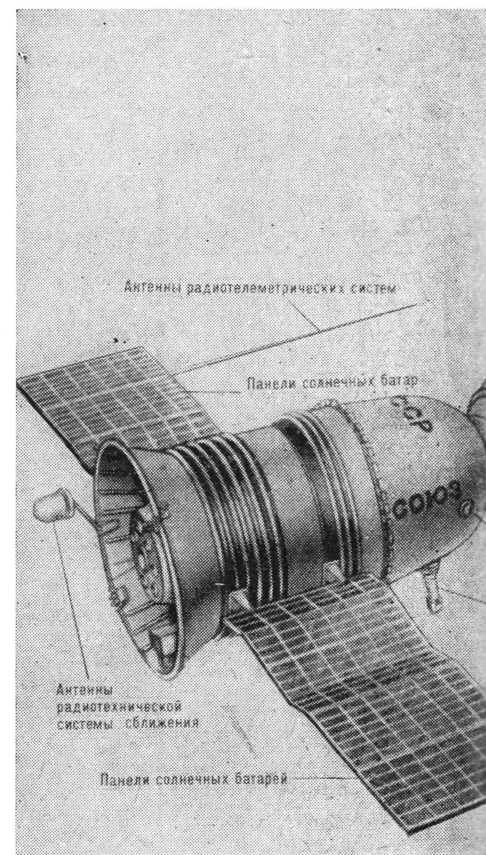
стигается лишь длительными тренировками в процессе подготовки к полету.

#### ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Если космонавт работает в непосредственной близости от своего корабля (станции), то достаточно простейших средств. Чтобы космонавт не удалился от корабля на большое расстояние, к его скафандру крепится фал, другой конец которого ведет к кораблю. Передвигаясь вдоль корабля, космонавт держится за скобы и поручни. А вблизи объекта монтажа или ремонта размещается устройство для закрепления ног космонавта относительно корпуса корабля. Тогда движущиеся руки не «закрутят» его тело.

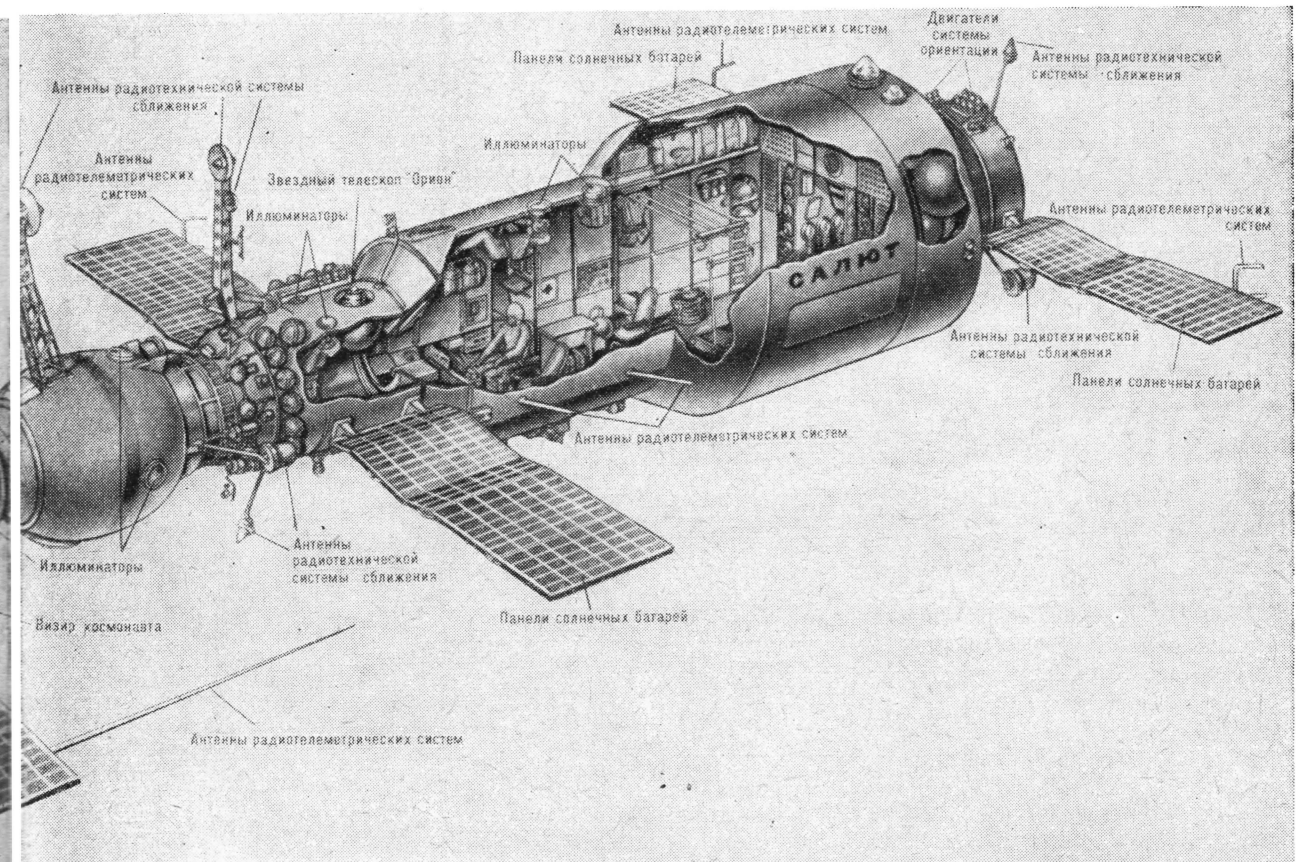
Конечно, эти меры предосторожности ограничивают возможности космонавта. Фал затрудняет движения, есть и опасность опутывания фалом. Скобы и поручни обеспечивают передвижение космонавта лишь в заданном направлении. Фиксаторы для ног размещаются только в месте работ, выполняемых в соответствии с программой полета.

Предположим, однако, что в полете возникла необходимость отремонтировать какой-либо агрегат на участке поверхности корабля (станции), где нет ни поручней, ни скоб. Тогда, чтобы приблизиться к месту работы, космонавт вынужден использовать выступы и элементы конструкции. Если есть возможность, держась одной рукой, ухватиться за другую опору, то космонавт будет добираться к объекту ремонта, не отрываясь от поверхности корабля. В противном



случае он должен отталкиваться от одной опоры в направлении другой, и представьте себе, что произойдет, если ему не удастся ухватиться за очередной выступ. Более того, в результате толчка космонавт начнет вращаться и в момент приближения

■  
*Схема первой в мире орбитальной научной станции «Салют» и корабля «Союз»*



к цели может оказаться спиной к кораблю.

Перемещение космонавта к желаемому объекту по сложности можно сравнить с восхождением на гору без альпинистского снаряжения. Но и это еще не все трудности, ожидающие космонавта. Вот он все же добрался к месту повреждения. Теперь остается закрепиться. А фиксаторов нет! Приходится искать что-то подходящее. Нашел «зацепку» и ухватился за нее

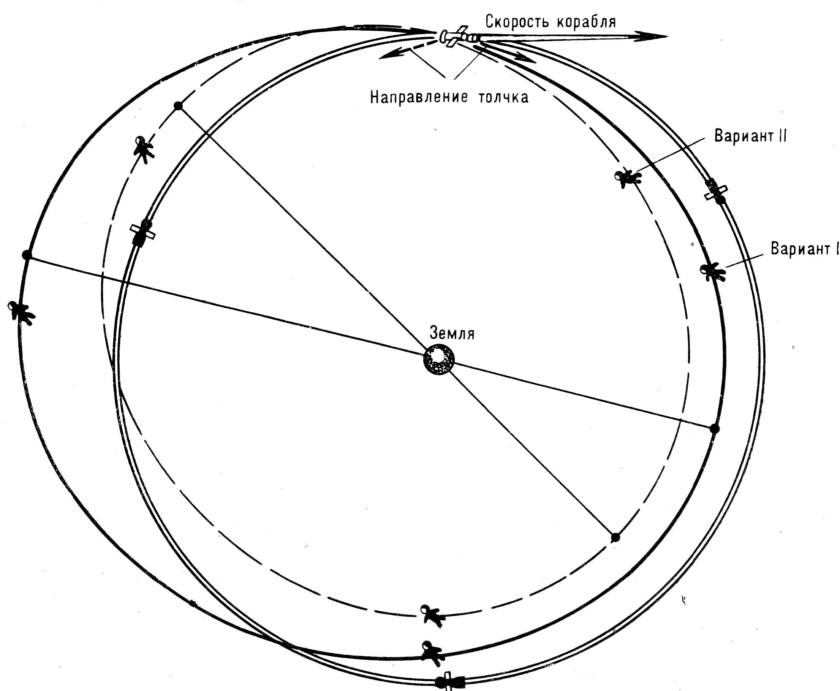
одной рукой. После осмотра и выявления неисправности начинает ремонт. Хорошо, если необходимо снять заглушку, вставить какой-то элемент. А если нужно отвинтить или завинтить гайку? Движение руки вызовет вращение тела космонавта и он может сорваться с опоры, за которую только что зацепился.

До сих пор мы считали одним из важнейших условий — контакт с поверхностью корабля, станции или

объекта обслуживания. Такое ограничение суживает сферу деятельности космонавта. А ведь в некоторых случаях приходится работать в отрыве от корабля или станции, а иногда и вдали от них и без фала.

#### КОСМОНАВТ — АВТОНОМНЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ

Передвижение космонавта за пределами корабля возможно лишь с



помощью специальных устройств. Либо он их держит в руках (установка перемещения космонавта пистолетного типа), либо «носит» на спине (установка ранцевого типа).

В установке пистолетного типа при нажатии курка сжатый воздух поступает в камеру, где он расширяется, а затем, вырываясь из сопла (стволы пистолета), сообщает космонавту реактивный импульс. Однако установки такого типа имеют существенный недостаток. Для передвижения в нужном направлении космонавт должен при включении установки совместить ось «стволы» с этим направлением, чтобы реактивная тяга проходила через центр масс, иначе он начнет вращаться. Но положения своего центра масс он не знает и едва ли сразу

найдет его. Поэтому появится момент реактивной силы, который приведет к нежелательному вращению космонавта. Чтобы устранить вращение, космонавт должен методом «проб и ошибок» искать положение центра масс, изменяя положение пистолета. Из-за этого применение установки пистолетного типа связано с большими сложностями и требует длительной тренировки в условиях невесомости. К тому же руки (во всяком случае, одна рука) постоянно заняты, и космонавту трудно сочетать управление своим движением с работой в открытом космосе.

Более свободно чувствует себя космонавт с установкой перемещения ранцевого типа. «Ранец» с малогабаритными реактивными двигателями для управления движением космонавта удобно пригнан к спине скафандра. Привязная система позволяет достаточно жестко фиксировать положение космонавта в установке. В нее входят несколько самостоятельных систем, без которых космонавту за бортом космического корабля не обойтись: система жизнеобеспечения, двигатели, система ориента-



ции и стабилизации, система ручного управления, система радиосвязи, система энергопитания и телеметрических измерений.

Конструирование установок перемещения космонавта в космическом пространстве — дело интересное и сложное, но необходимое. Ведь, как мы видели, работы у космонавта в открытом космосе очень много.

*Варианты движения космонавта, который, оттолкнувшись от корабля, стал автономным космическим объектом. Вариант I: после толчка скорость космонавта увеличилась, и он перешел на орбиту с большим периодом обращения. Вариант II: скорость уменьшилась, соответственно*

*Устройства для перемещения астронавта, входящие в комплект снаряжения*



Дважды Герой Советского Союза,  
летчик-космонавт СССР  
**Б. В. ВОЛЫНОВ**  
Профессор  
**В. Д. БОЛЬШАКОВ**  
Герой Советского Союза,  
летчик-космонавт СССР  
**В. М. ЖОЛОбОВ**  
Доктор технических наук  
**Н. П. ЛАВРОВА**

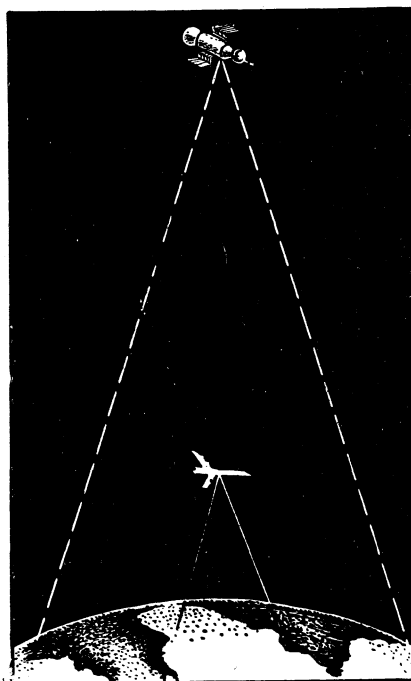
## Земля с «Салюта-5»

Отличительная черта нашей космонавтики — планомерное исследование земной поверхности и использование результатов в различных отраслях народного хозяйства. В наблюдениях поверхности планеты заинтересованы геологи и картографы, геодезисты и океанографы, гидрометеорологи, работники сельского и лесного хозяйства. И так как запуск космического летательного аппарата требует значительных затрат, из полученной космической фотоинформации нужно извлечь максимальную пользу.

За последние годы во многом изменились и возможности деятельности человека в космосе, и возможности проведения научных экспериментов. С увеличением продолжительности полетов расширяется их программа, совершенствуется методика экспериментов. Сегодня уже нет сомневающихся в экономической выгоде применения космической техники при изучении природных ресурсов Земли.

Космическая съемка с пилотируемых кораблей была начата Героем Советского Союза, летчиком-космонавтом СССР Г. С. Титовым (корабль «Восток-2», 1961). Она была успешно продолжена на кораблях типа «Восток» и «Восход». Первый большой фотографический эксперимент в интересах народного хозяйства и исследования природных ресурсов в СССР проведен с космического корабля «Союз-9» в июне 1970 года летчиками-космонавтами дважды Героем Советского Союза А. Г. Николаевым и дважды Героем Советского Союза В. И. Севастьяновым («Земля и Вселенная», 1970, № 4, с. 3.—Ред.). Около 1000 снимков террито-

**Интересные результаты, позволяющие обновить карты, изучить природные ресурсы Земли, провести экологические исследования, получены советскими учеными и космонавтами с орбитальной станции «Салют-5».**



При одном и том же угле зрения площадь, охватываемая космической съемкой, больше, чем охватываемая аэрофотосъемкой

рии СССР в масштабе 1 : 8 000 000 на черно-белой и цветной пленке позволили разработать методику изучения поверхности Земли с помощью фотографических систем. Полученные снимки были успешно использованы в народнохозяйственных целях.

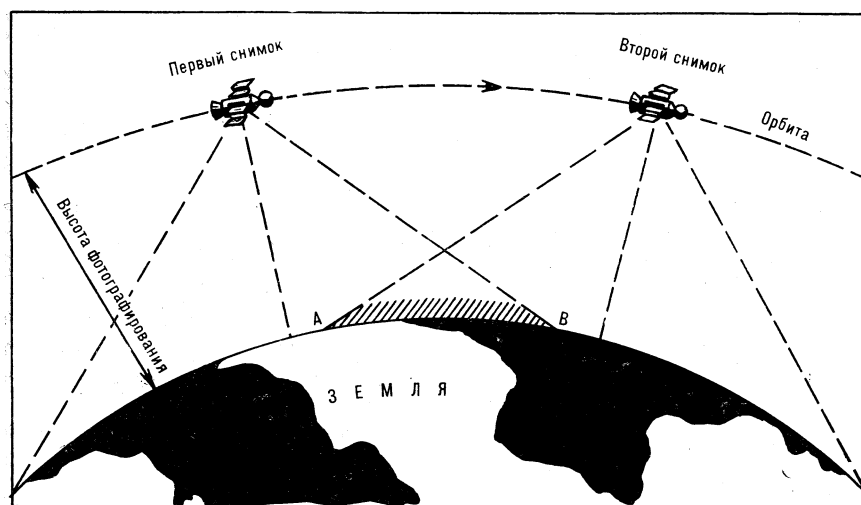
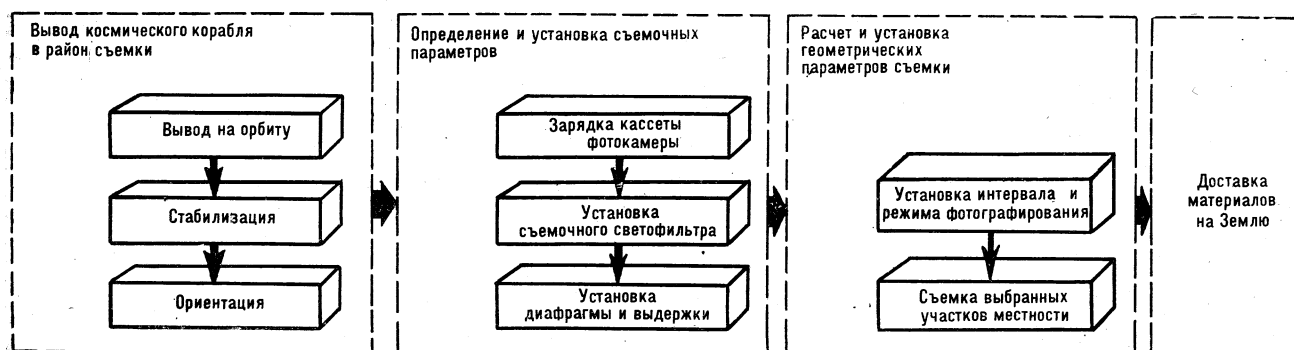
Создание орбитальных пилотируемых станций «Салют», которые могут долго находиться на орбите, расширило возможности исследования Земли дистанционными методами («Земля и Вселенная», 1976, № 2, с. 11—13.—Ред.). Большой комплекс научной аппаратуры позволяет проводить многоцелевые эксперименты, значительное место среди которых занимает фотографирование атмосферы, земной поверхности, акватории океанов и морей, облаков и циклонов.

При космической фотосъемке приходится учитывать большие скорости и высоты полета корабля, а также изменение параметров его орбиты. Качественные снимки получаются только при тщательном учете влияния атмосферы, изменения коэффициентов отражения, правильном выборе пленки и экспозиции.

Космическая съемка включает следующие этапы: ориентацию и стабилизацию корабля, определение и установку **съёмочных параметров** (освещенность земной поверхности, яркость объектов съемки, выбор светофильтра, чувствительность пленки и ее спектральные характеристики), расчет и установку **геометрических параметров** (высота фотографирования, время между двумя снимками, угол зрения съёмочной камеры), управление съемкой.

Геометрические параметры съемки





кристаллов. Программа научно-технических экспериментов, осуществляемых с орбитальной пилотируемой станции «Салют-5», предусматривала и космическую фотосъемку для изучения природных ресурсов Земли. Космонавты использовали пленки, регистрирующие объекты в видимой и инфракрасной областях спектра.

Съемочная аппаратура находилась в рабочем отсеке. Она включалась в расчетных точках орбиты. Оптическая ось съемочной камеры располагалась так, что можно было каждым снимком охватывать большие площади, а также определять спектральные характеристики земной атмосферы.

Космические снимки, полученные в натуральных и условных цветах, дали информацию о значительной территории Советского Союза — южной части Украины, Молдавии, Алтайского края, Прикаспийской низменности и акватории Индийского океана.

Выполненные исследования, существенно пополнявшие знания о Земле, свидетельствуют о перспективности и эффективности космической съемки.

определяются с учетом последующей стереоскопической обработки космических снимков. Чтобы получить стереоскопическое изображение, необходимо дважды сфотографировать один и тот же участок земной поверхности. Снимки делаются через определенное время, выбранное так, чтобы первый снимок перекрывал второй. Время между двумя снимка-

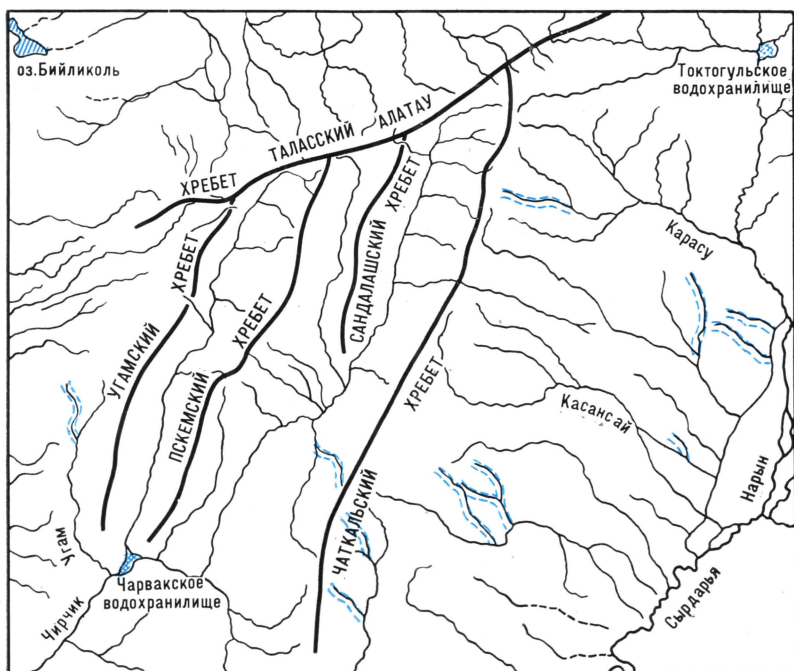
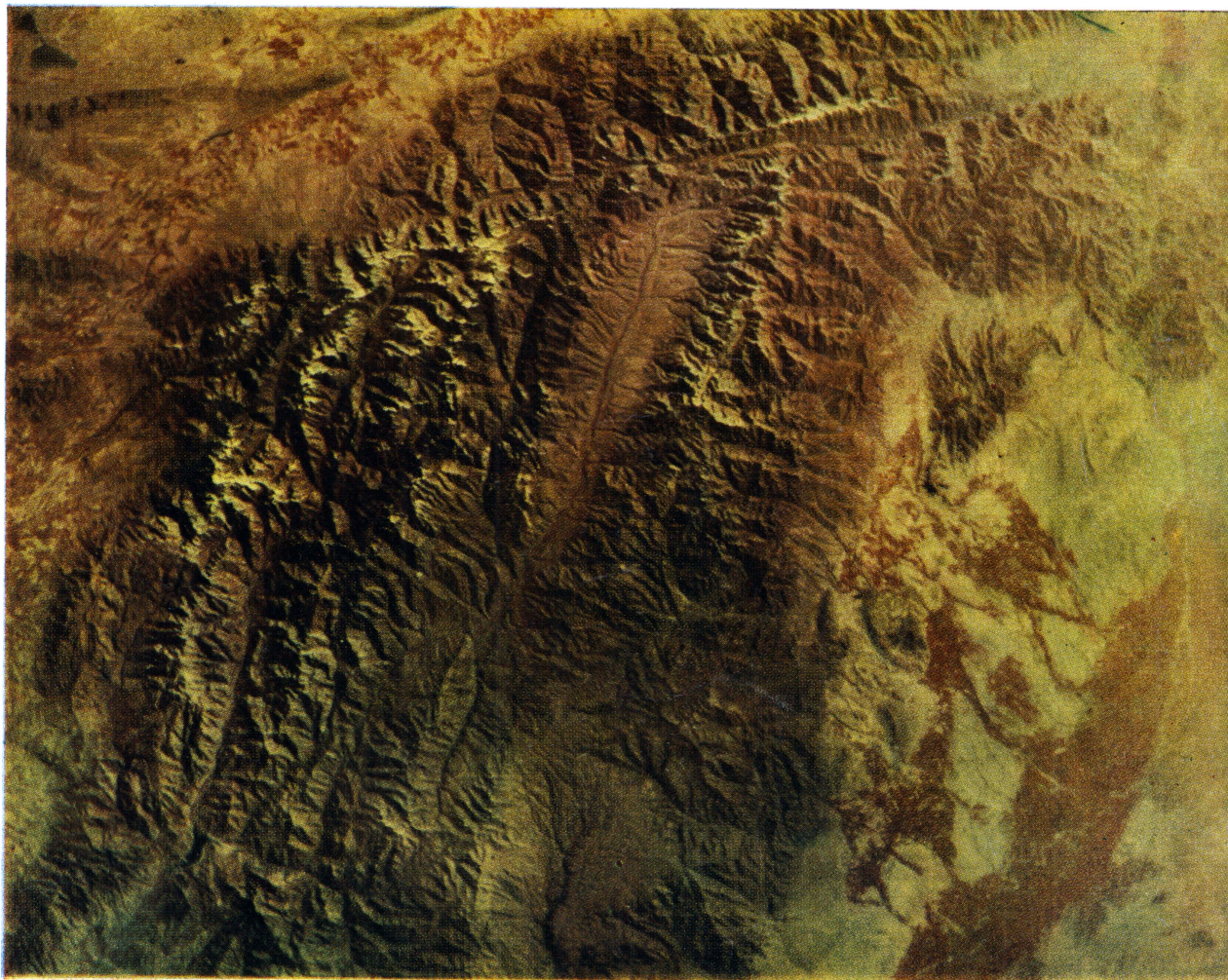
ми зависит от высоты фотографирования, угла зрения съемочной камеры, радиуса кривизны Земли.

На советских пилотируемых станциях и кораблях для расширения диапазона исследований применялись фотоаппараты с различными фокусными расстояниями и съемка велась в разных зонах спектра («Земля и Вселенная», № 3, 1975, с. 8—12; № 2, 1977, с. 11—16.— Ред.).

Станцию «Салют-5» запустили 22 июня 1976 года. Экипаж корабля «Союз-21» произвел 7 июля стыковку с научной станцией «Салют-5» и выполнил комплексные научные эксперименты: спектрографирование Солнца и земной поверхности, исследование свойств атмосферы, пайку и сварку металлов в космосе, выращивание

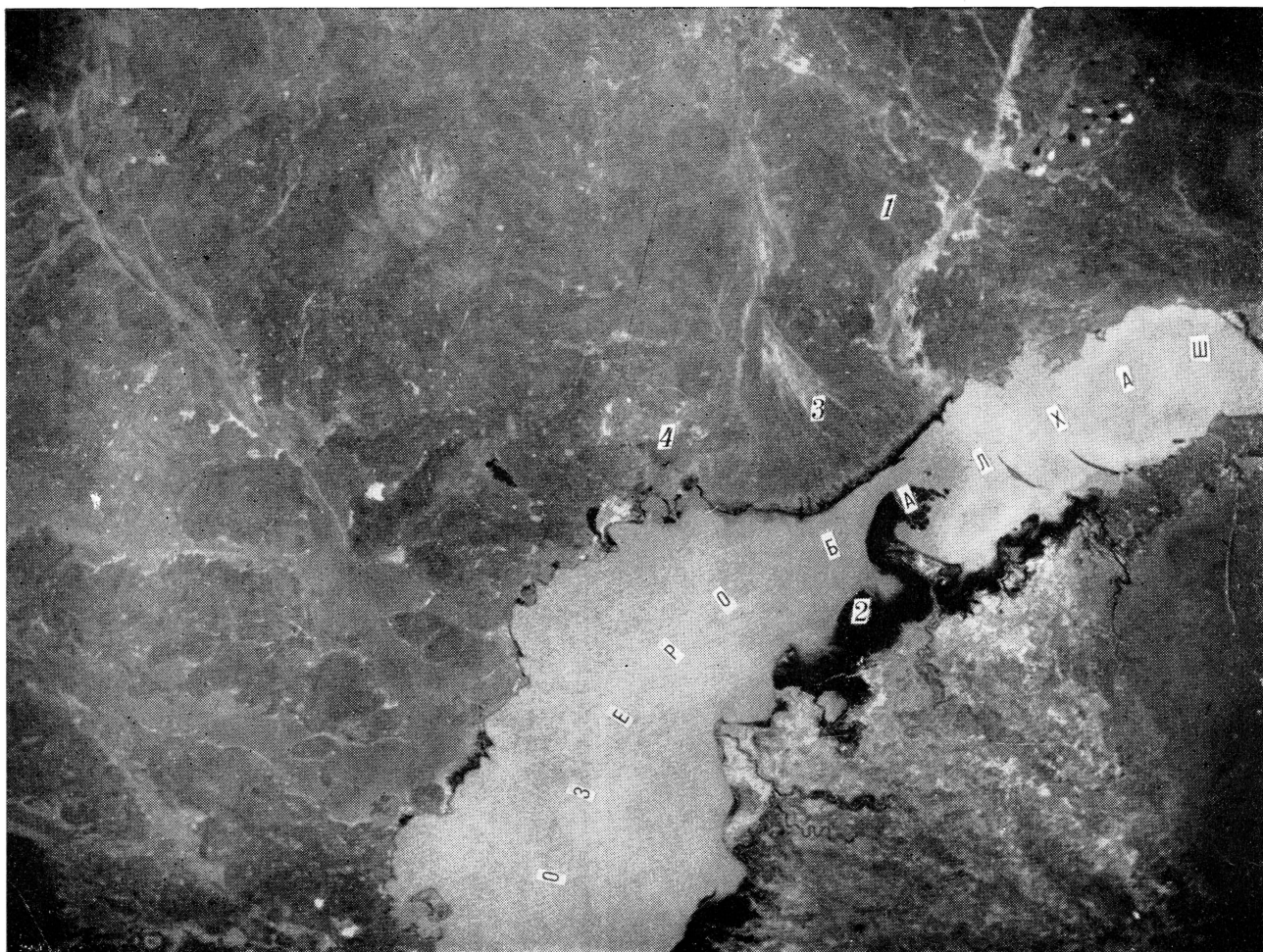
Основные этапы съемки с космического корабля

Схема, поясняющая, как получают стереоизображения участка АВ земной поверхности



Один из западных отрогов Тянь-Шаня, снятый с борта станции «Салют-5». Ниже приведена схема, поясняющая космический снимок. Пунктиром показаны уточненные русла рек





Часть озера Балхаш и прилегающая территория к северу и югу от него. На фотографии, полученной с борта научной станции «Салют-5», хорошо видны обширные массивы степных районов (1) и полоса низменной прибрежной равнины (2). Во многих местах территория, прилегающая к озеру с севера, пересечена сухими руслами рек с плоскими днищами (3). На междуречьях просматриваются солончаки (4)





## Как найти полюс Земли?

### СКОЛЬКО ПОЛЮСОВ У ЗЕМЛИ?

Около 40 лет назад известный советский астроном, академик АН УССР А. Я. Орлов опубликовал статью «Что такое полюс и где он?» (Газета «Красный Крым», 11 августа 1937). В начале этой статьи приведены слова выдающегося ученого, академика О. Ю. Шмидта о том, что полюс — это точка, которую трудно определить. Но, подчеркивает А. Я. Орлов, полюс должен быть обязательно определен и притом со всей возможной точностью: «Все астрономические и геодезические измерения относятся к полюсу, и если в его определении будет хоть малейшая ошибка, то она войдет в наши географические карты и в те каталоги, где даются положения звезд, по которым проверяются часы, а затем дается точное время».

А. Я. Орлов писал далее: «Филологически слово «полюс» производят от греческого «полос», что первоначально означало, по-видимому, тот вбитый в землю колышек, тот «прикол», вокруг которого на веревке пасется привязанный к нему домашний скот. Эта картина пастушеской жизни перенесена была на небесный свод, где все звезды движутся вокруг некоторой точки, и у кочевых народов еще и теперь Полярная звезда иногда называется Золотым приколом».

Потом колышек, забитый в землю, чтобы обозначить полюс, стал время от времени вновь появляться в научных дискуссиях. Особенно привлекательной возможностью (хотя бы мысленно) закрепить таким способом сетку географических координат на поверхности Земли представлялась

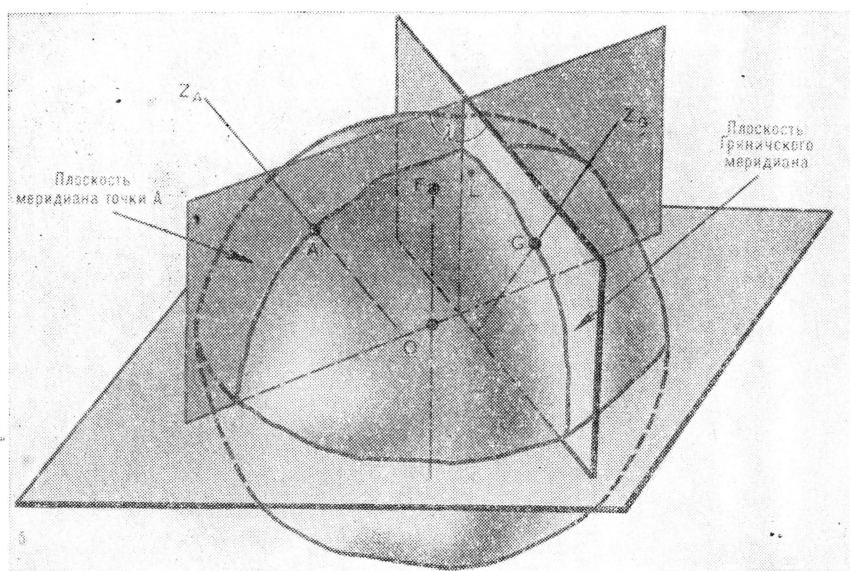
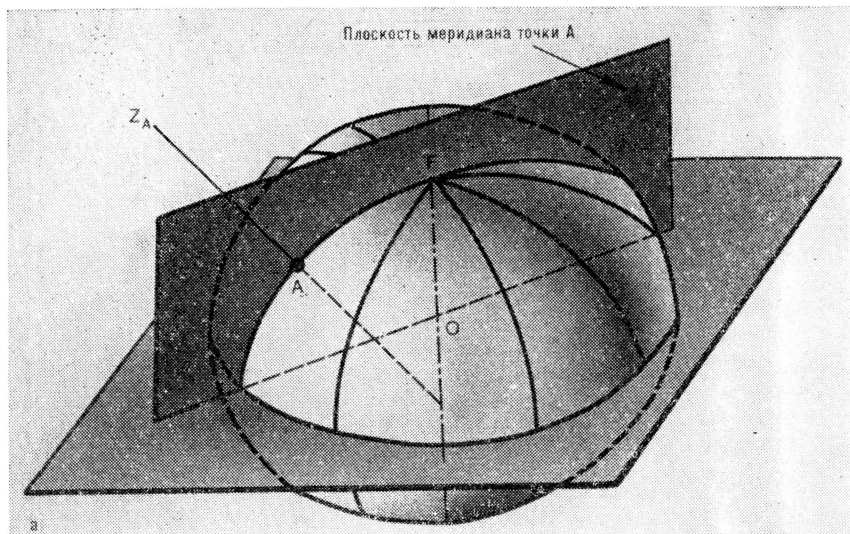
**Можно ли отметить положение географического полюса колышком, вбитым в землю? Если можно, то как найти место, куда нужно забить этот колышек?**



геодезистам, которые привыкли пользоваться при измерениях прочно установленными реперами. Естественно, ответа на вопрос о том, где следует забить колышек, ждали от астрономов, которые занимаются проблемой движения полюсов Земли. Это сделал А. А. Михайлов в статье «О приведении астрономических определений широты, долготы и азимута к единой эпохе» («Астрономический журнал», 47, 3, 1970). Вот что он писал: «Пусть мы исходим из некоторого пункта с известной астрономической широтой и направлением меридиана. Двинемся из этого пункта к северу, по временам измеряя широту. В конце концов мы дойдем до точки  $90^{\circ}0'00''$ . Будет ли это полюс — точкой (так в подлиннике — Е. Ф.), где ось вращения пересекает земную поверхность той, где нужно забить колышек? Нет, это будет точка, в которой вертикальная линия параллельна оси вращения и которая отстоит от колышка на угол при центре Земли, равный отклонению отвеса, возможно, на сотни метров. Возникает вопрос, будет ли эта точка единственной, то есть придем ли мы в одно и то же место, если начнем двигаться по разным меридианам? Почти несомненно, что эта точка единственная, потому что геоид есть выпуклая поверхность. Возможно, что есть места внутри или на границе тяжелых масс, где уровенная поверхность силы тяжести вогнута или имеет отрицательную кривизну. Но это — исключительные случаи, вряд ли имеющие место на поверхности Земли, а тем более во внешнем пространстве. Таким образом, можно считать, что точка, в которой широта равна точно  $90^{\circ}$ , единствен-

ная, но это не будет полюс в указанном смысле» («Земля и Вселенная», № 6, 1970, с. 4—7; № 1, 1972, с. 50—53.— Ред.).

Теперь мы приглашаем читателя отправиться в путь к полюсу, следуя этим указаниям. И даже если цель не будет достигнута, наше путешествие не окажется напрасной тратой времени — оно может быть поучительным, поскольку в пути, как мы увидим, встретятся непредвиденные трудности и нам придется заниматься задачами, над решением которых стоит подумать. В приведенной выдержке речь идет, конечно, о реальной Земле с ее сложным рельефом. Но мы облегчим нашу задачу — будем считать, что Земля имеет форму правильного **эллипсоида вращения**, то есть тела, поверхность которого образуется при вращении эллипса вокруг его малой оси. (Тем, как определяются размеры и форма этого «земного эллипсоида», мы интересоваться не будем.) Перпендикуляр к поверхности земного эллипсоида в любой ее точке  $A$  проходит через ось фигуры (но не через центр эллипсоида  $O$ ). Иначе говоря, ось  $OF$  и перпендикуляр  $AZ_A$  лежат в одной плоскости, которую называют плос-



*Модели фигуры Земли: а — меридианы всех точек поверхности земного эллипсоида сходятся в его полюсах, а нормали к поверхности проходят через ось симметрии  $OF$ ; б — у реальной Земли плоскости средних меридианов параллельны оси устойчивости вращения  $OF$ , но через эту ось не проходят, а астрономический полюс  $L$ , то есть точка, в которой отвесная линия параллельна оси  $OF$ , не совпадает с полюсом  $F$*

костью меридиана точки А. След от ее пересечения с поверхностью земного эллипсоида — меридиан этой точки — плоская кривая. **Все меридианы сходятся в полюсах земного сфероида.**

Ось симметрии ОF обладает еще одним свойством, на котором нам нужно особо остановиться. Напомним, что Земля вращается вокруг оси, которая всегда проходит через центр ее масс О, но несколько меняет направление не только в пространстве, но, как это показал теоретически Л. Эйлер, и по отношению к самой Земле. Ясно, что вследствие этого будут перемещаться те точки, в которых ось вращения пересекает поверхность Земли, то есть полюсы вращения, что в свою очередь приведет к изменениям широт (а также долгот) всех точек земной поверхности. Такие изменения были обнаружены в конце прошлого столетия, и с тех пор систематические широтные наблюдения, которые ведут многие обсерватории мира, дают астрономам возможность непрерывно следить за тем, как движутся полюсы вращения Земли.

Однако это явление оказалось более сложным, чем следовало из теории Эйлера. Полюсы Северный и Южный описывают на поверхности Земли неправильные (но совершенно одинаковые) кривые — **полодии, напоминающие спираль, витки которой то расширяются, то сжимаются.** Хотя картина получается запутанной, все же удастся, взяв полодию за несколько (скажем, за 6) лет, довольно уверенно найти ее центр, причем выясняется, что полюс не отходит от этого центра более чем на 15 м. По

крайней мере за последние 130 лет (а о предшествующем времени у нас нет данных) он ни разу далее не отклонялся. Для рассматриваемой модели Земли центром той кривой, по которой движется полюс, будет как раз полюс фигуры земного эллипсоида.

А может ли ось вращения совпасть с осью фигуры? Да, может. Тогда вращение Земли окажется устойчивым, то есть ее ось вращения не будет перемещаться в теле Земли, а полюс — по ее поверхности. Однако этого в действительности никогда не наблюдалось: даже если бы в какой-то момент обе оси совпали, они опять разошлись бы вследствие возмущающего влияния различных процессов на поверхности и в недрах Земли.

Однако пора возвратиться к реальной Земле. О каком же полюсе идет речь, когда мы говорим, что его положение можно обозначить колышком? Конечно, не о постоянно блуждающем полюсе вращения, а о неподвижном полюсе фигуры.

Но здесь мы встречаемся с первой трудностью, которая состоит в том, что, строго говоря, у реальной Земли нет оси симметрии, а значит, нет и полюсов фигуры. Но ось устойчивого вращения у реальной Земли все же есть. Точки, в которых она пересекает земную поверхность, можно было бы назвать **полюсами устойчивого вращения.** В зарубежной литературе их часто и в этом случае называют **полюсами фигуры.** Воспользуемся этим термином и мы, понимая, что он уже не будет строгим, когда мы имеем дело с реальной, то есть с несимметричной Землей.

Заметим, что теперь отвесная линия в полюсе фигуры может не совпадать и, по всей вероятности, действительно не совпадает по направлению с осью устойчивого вращения ОF. Однако, как указывает в приведенной выдержке А. А. Михайлов, вблизи каждого из полюсов фигуры есть точка L, в которой отвесная линия параллельна оси ОF. Средняя широта этой точки равна точно  $+90^\circ$  в северном полушарии и  $-90^\circ$  в южном. Известные американские астрономы Клеменс и Вуллард в книге «Сферическая астрономия» называют эти точки астрономическими полюсами. Приняв этот термин, мы можем сказать так: у симметричной модели Земли полюс фигуры и астрономический полюс совпадают; у реальной Земли они не совпадают\*.

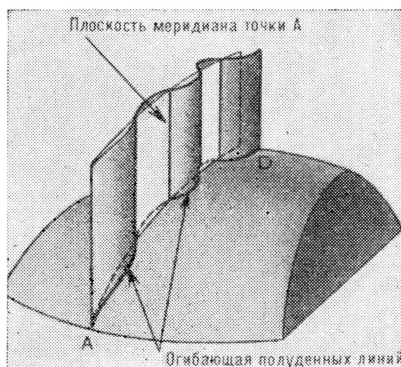
Однако не только в полюсе фигуры, но и в любой другой точке на несимметричной Земле отвесная линия и нормаль к поверхности земного эллипсоида несколько отличаются по направлению. Они образуют малый угол, который называется **уклонением**

---

\* А. А. Михайлов пишет, что расстояние между полюсами, возможно, составляет сотни метров. Правильность этой оценки недавно подтвердила канадская экспедиция, которая занималась определениями уклонений отвеса вблизи Северного полюса путем сравнения положения станции на широте  $89^\circ 40'$ , определенного двумя способами — астрономическими наблюдениями и с помощью навигационной спутниковой системы. Расчеты, основанные на результатах таких определений, показывают, что полюс фигуры находится на расстоянии 120—250 м от астрономического полюса.







тельства, связанные с теми нарушениями симметрии Земли, которые проявляются в отклонениях отвеса. Может оказаться (а как правило, так и бывает), что отвес в пункте В не находится в плоскости меридиана начального пункта А; он может отклоняться от этой плоскости в ту или иную сторону. Отсюда следует, что плоскости меридианов двух соседних точек А и В не будут совпадать.

Теперь начнем рассуждать: если обе плоскости параллельны оси ОФ, значит, и линия их пересечения — прямая ВМ, **пролегающая** через точку В, должна быть параллельна ОФ, поскольку она лежит одновременно в плоскостях меридианов обеих рассматриваемых точек.

Следующий этап нашего пути, то есть отрезок ВС, будет лежать уже в плоскости меридиана точки В, а не начального пункта А. Так мы и пойдем на север, определяя в конце каждого пройденного отрезка пути направление дальнейшего движения. Если же мы станем уменьшать длины этих участков, то в пределе у нас получится огибающая семейства плоскостей меридианов — цилиндрическая поверхность с образующей параллельной оси ОФ. Напомним, что, по определению, цилиндрическая поверхность — это поверхность, описываемая прямой линией, которая движется, оставаясь параллельной западному направлению. След пересечения этой поверхности с поверхностью Земли — линия двоякой кривизны. По ней нам и нужно идти, если мы хотим двигаться всегда точно на север, так как касательной к этой кривой в любой ее точке будет полуденная линия.

Куда приведет нас этот путь? Мы будем приближаться к астрономическому полюсу, но по мере приближения нам будет все труднее и труднее находить нужное направление пути, что обусловлено самим способом построения плоскости меридиана. В любой точке, например в точке В, это — плоскость, проходящая через две прямые: отвесную линию и прямую ВМ, параллельную оси ОФ. По мере приближения к астрономическому полюсу L, угол между этими прямыми уменьшается и вместе с этим понижается точность, с которой определяется положение плоскости меридиана, а значит, и направление полуденной линии. Даже небольшие изменения в направлении отвеса приводят к значительным поворотам плоскости меридиана (а в самом астрономическом полюсе любую плоскость, проходящую через отвесную линию, можно принять за плоскость меридиана). Таким образом, кривая, по которой мы идем, вблизи астрономического полюса становится все более и более извилистой, поэтому находить направление полуденной линии будет все труднее и труднее.

*Чтобы всегда двигаться точно на север, нужно идти по огибающей полуденных линий AD. По мере приближения к астрономическому полюсу, огибающая становится все более и более извилистой*

В ближайшей же окрестности полюса мы рискуем вообще потерять ориентировку: вместо того, чтобы идти к полюсу, мы будем блуждать вокруг него.

Поэтому нужно посмотреть, нет ли еще какого-либо пути к полюсу, который стоило бы испробовать. Обратим внимание на то, что огибающая полуденных линий проходит через точки с различной долготой. Долготой точки на поверхности Земли, как известно, называется угол, который образует плоскость меридиана этой точки с плоскостью меридиана Гринича. Значит, у точек, имеющих одинаковую долготу, плоскости меридианов между собой параллельны. Но плоскости меридианов точек, находящихся на огибающей полуденных линий, не параллельны друг другу, — как видно из самого построения этой огибающей, они друг с другом пересекаются.

Значит, соединив точки с одинаковой долготой, мы получим другую кривую на поверхности Земли (но, конечно, также двоякой кривизны, а не плоскую). Она-то и называется меридианом. Мы можем направиться из исходного пункта А по меридиану этого пункта. Но для того, чтобы все время оставаться на этом меридиане, нам придется определять время от времени уже не направление полуденной линии, а долготу точки, в которой мы находимся, и, если она окажется больше долготы начальной точки, отходить к востоку, а если меньше, — к западу.

Однако в окрестности полюса мы встретимся с теми же трудностями, что и ранее. Действительно, определение долготы есть по существу оп-

Можно сказать, что, отправляясь из какого-либо пункта А, мы, подобно былинному богатырю, должны выбрать одну из трех дорог. Одна дорога — это кривая, по которой плоскость меридиана точки А пересекает поверхность Земли. Но, как мы выяснили, этот путь не привел бы нас ни к полюсу фигуры, ни к астрономическому полюсу. Второй путь идет по полуденным линиям, и его можно считать как бы составленным из их коротких отрезков. Он представляет собой кривую двоякой кривизны, которая может отклоняться от плоскости меридиана исходного пункта то в одну, то в другую сторону, причем тем сильнее, чем ближе мы подходим к полюсу. Третий путь — меридиан точки А. Это тоже выпукло-вогнутая кривая. Достичь астрономического полюса вторым и третьим путем оказывается задачей, практически неосуществимой.

Но если на практике не удастся указать то место, где на поверхности Земли находится полюс, может возникнуть вопрос, чем же тогда занимается Международная служба дви-

На каждой обсерватории, участвующей в МСДП, регулярно определяются широты. Если значение широты, найденное из наблюдений, вычестить из  $90^\circ$ , мы получим угол, который образуют между собой отвесная линия в пункте наблюдений и мгновенная ось вращения Земли. Мы можем сказать, что **задача МСДП состоит в определении направления оси вращения Земли по отношению к отвесным линиям в ряде точек земной поверхности.** Так получают данные об изменениях этого направления, или о движении оси вращения в теле Земли. Только это и могут дать астрономические наблюдения, но, к счастью, в большинстве случаев только это и нужно для геодезической практики и геофизических исследований.

A diagram illustrating a sphere with a vertical axis and an inclined elliptical orbit. The sphere's center is labeled  $O$ . The orbit's focus is labeled  $S$ . Points  $M_1$  and  $M_2$  are marked on the sphere's surface, and  $P$  is the point where the orbit intersects the vertical axis.

Измерение расстояний от наблюдательных станций  $M_1, M_2$  до искусственного спутника Земли  $S$  лазерными дальномерами. Из этих измерений можно найти положение той точки земной поверхности, через которую проходит мгновенная ось вращения Земли, а не направление этой оси относительно отвесных линий



ря 1976). По-видимому, участникам этой экспедиции, как и прежних экспедиций к Северному полюсу, будет достаточно отметить его положение лишь приблизительно, с ошибкой, скажем, в несколько сот метров. Во всяком случае, в настоящее время этим пришлось бы удовлетвориться.

В последнее время появился новый способ получения данных о движении полюса, основанный на измерении расстояний от различных точек поверхности Земли до ее искусственных спутников или до угловых отражателей на Луне, который сможет обеспечить гораздо более высокую точность. Этот способ дает именно

положение той точки земной поверхности, в которой ее пересекает ось вращения Земли, тогда как классические астрономические методы, как мы видели, давали только направление данной оси. Но о новых методах определения положения полюса стоит рассказать отдельно.

Допустим, что в точке  $M_1$  на поверхности Земли установлен лазерный дальномер — прибор, с помощью которого можно измерять расстояние до спутника  $S$ . Земля вращается вокруг оси  $OP$ , а спутник движется по орбите, которая занимает неизменное положение в пространстве. Прием для простоты, что период обра-

щения спутника равен точно двум часам. Тогда через 12 часов, сделав шесть оборотов, он окажется в той же самой точке пространства  $S$ . А лазерный дальномер вследствие вращения Земли переместится за это время в точку  $M_2$  (мы говорим здесь о перемещении в пространстве, а не на поверхности Земли). Его расстояние от спутника изменится, так как отрезок  $M_2S$  меньше, чем  $M_1S$ . Но если бы нам удалось установить дальномер в точке  $P$ , таких изменений с точным периодом не наблюдалось бы. И тогда мы могли бы сказать: вот здесь и находится мгновенный полюс вращения Земли.



## УБЕГАЮЩЕЕ ШАРОВОЕ СКОПЛЕНИЕ

Издавна все шаровые скопления нашей Галактики считаются ее постоянными членами. Они перемещаются вокруг центра Галактики по вытянутым орбитам, причем скорость их движения меньше скорости «убегания». Такому представлению не соответствовало лишь одно далекое шаровое скопление NGC 5694 в созвездии Гидры. Правда, ни орбита, ни лу-

чевая скорость скопления не были тогда известны с достаточной точностью.

Американские астрономы У. Харрис и Дж. Хессер заново измерили лучевую скорость NGC 5694. Их измерения подтвердили ранее существовавшее мнение о том, что шаровое скопление приближается к Солнцу со скоростью 180 км/с. Но Солнце движется почти по круговой орбите вокруг галактического центра со скоростью 225 км/с. Когда это приняли во внимание, то оказалось, что скопление перемещается относительно центра Галактики со скоростью по крайней мере 273 км/с.

Харрис и Хессер определили и расстояние до NGC 5694. Скопление удалено от Солнца на  $32 \pm 5$  кпс ( $104\,000 \pm 16\,000$  световых лет) и от галактического центра — на 26 кпс. В таком положении достаточно скорости движения 190 км/с, чтобы скопление могло «убежать» из галактического гравитационного поля. Эта скорость намного меньше той, что наблюдается у шарового скопления. Таким образом, NGC 5694 покидает

Галактику, двигаясь по гиперболической орбите.

NGC 5694 по своим характеристикам (за исключением высокой скорости движения) не отличается от других шаровых скоплений Галактики. Поэтому Харрис и Хессер склонны рассматривать его как обычное шаровое скопление, которое было переброшено на гиперболическую орбиту массивным объектом в то время, когда скопление проходило вблизи него.

«Sky and Telescope», 53, 1, 1977.



Доктор физико-математических наук  
В. П. ГОЛОВКОВ



## Магнитное поле Земли

**Геомагнетизм — самая древняя ветвь геофизики. Как же далеко продвинулись сегодня магнитологи в изучении основы основ этой науки — генерации магнитного поля нашей планеты!**

### ИЗМЕРЕНИЯ, ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ

Главные идеи, появившиеся за последние 10—15 лет в науках о Земле, так или иначе связаны с деятельностью магнитологов. Исследования направления древнего магнитного поля, например, дали вторую жизнь остроумной гипотезе А. Вегенера о дрейфе континентов. Резкое различие магнитного поля континентальной и океанической коры послужило надежной фактической основой для развития глобальной тектоники плит. Но это — «работа» геомагнетизма на геофизику и геологию. А сама наука о магнитном поле Земли? Огромный массив экспериментальных данных: аэромагнитные, морские, спутниковые съемки и другие измерения — все это привело к заметному качественному изменению в этой науке. Сейчас достаточно точно описаны пространственные особенности главного магнитного поля, установлены надежные связи между полосовыми аномалиями в океанах и инверсиями геомагнитного поля, что позволило подробно изучить историю поля за десятки миллионов лет.

Палеомагнитный метод оказался весьма эффективным для определения возраста горных пород и их стратиграфии, а также для изучения исто-

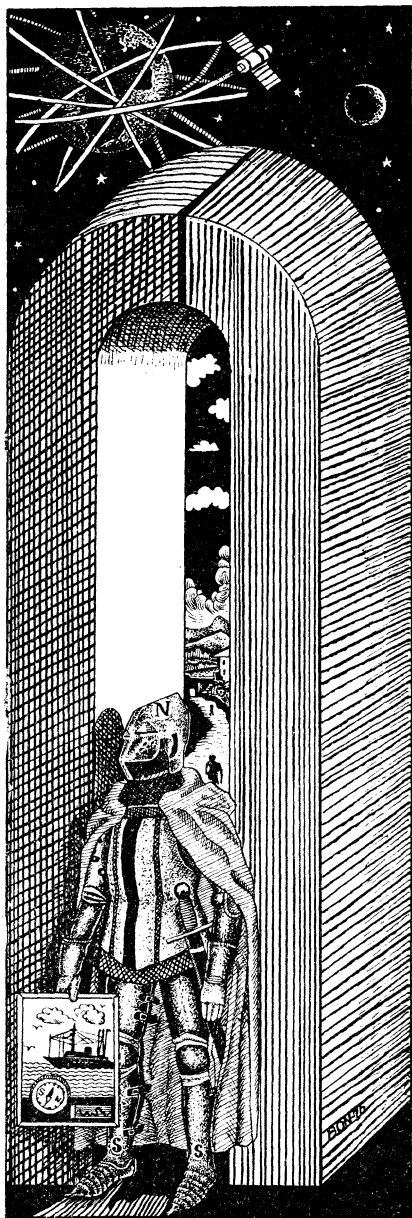
рии геомагнитного поля за сотни миллионов и миллиарды лет.

Благодаря вычислительной технике удалось по-новому обработать и интерпретировать результаты измерений магнитного поля в XVI—XIX столетиях и разрозненную картину отдельных определений превратить в подробное описание поведения поля за этот период.

Археомагнитный метод, результаты которого сейчас составляют наименьшую долю в общем объеме используемых магнитологами сведений, дал тем не менее возможность сомкнуть ряды прямых и палеомагнитных определений и описать морфологические особенности изменений поля с характерными временами  $10^3$ — $10^4$  лет. Именно эти вариации — ключевые для понимания природы земного магнетизма.

Существенную помощь геомагнитологам оказали также прямые измерения магнитных полей Луны, Марса, Венеры и Юпитера.

И вот теперь подошло время осмыслить все это многообразие сведений и создать теорию происхождения земного магнитного поля. Ведь хорошая количественная теория позволит по известным параметрам магнитного поля на поверхности Земли получить параметры вещества и процессов в ее глубочайших недрах. Для геологов — это значит разгадать природу тех сил, которые приводят в движение континенты и формируют залежи полезных ископаемых; для физиков — исследовать свойства вещества при давлении в миллион атмосфер; для астрономов — познать процесс рождения планет.

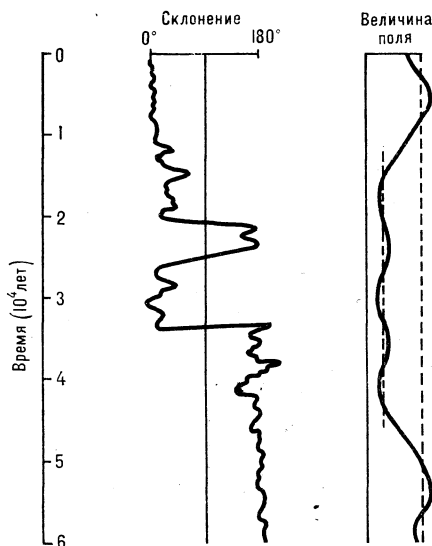


## МАГНИТНАЯ ПАМЯТЬ ЗЕМЛИ

Миллионы кубиков, вырезанных из остывших лавовых потоков или консолидированных осадков, позволили определить направление и величину магнитного поля Земли в момент их образования. Время, когда лавовые потоки излились на земную поверхность, установлено по относительному содержанию радиоактивных изотопов в их образцах. В результате получилась зависимость направления геомагнитного поля от времени — палеомагнитная шкала. Смена знака (инверсия) происходит «мгновенно» по сравнению с периодом постоянства поля, так что вся зависимость может быть выражена в «двоичном коде»: одни участки палеомагнитной шкалы соответствуют современному направлению магнитного поля, а другие — прямо противоположному, причем в таком временном масштабе среднее направление оси магнитного диполя совпадает с осью вращения Земли.

Анализ длительности интервалов одной и той же полярности легко убеждает, что она совершенно случайна: для участка палеомагнитной шкалы за последние 5—10 млн. лет инверсии происходили в среднем раз в 160 тыс. лет. Но в истории нашей планеты было и так, что поле не меняло свой знак в течение 20 млн. лет. Частота инверсий (точнее, вероятность их возникновения) изменяется периодически с характерным временем около 200 млн. лет.

Важная особенность геомагнитного поля — относительное постоянство его величины. Хотя точность опреде-



ления величины древнего поля оставляет желать лучшего, можно с уверенностью сказать, что за последние 2,5 млрд. лет магнитное поле имело тот же порядок величины, причем какой-либо тенденции в его изменении не обнаружено. Если изменения величины поля и происходили, они носили, скорее, колебательный характер. Предположительно выделяется даже период около 2 млрд. лет.

Большой интерес представляют «переходные периоды» — время, когда совершается инверсия. Как ни малы переходные периоды в геологическом масштабе времени, все же существуют условия, при которых осадочные горные породы откладываются так быстро, что можно проследить этот скачок магнитного поля во всех деталях. Если взять кубики осадочных горных пород, которые откладывались за время «переходно-

*Инверсии геомагнитного поля. Левая кривая характеризует изменение величины магнитного склонения (современное положение полюса соответствует нулевым значениям склонения, а после инверсии — 180°). Правая кривая характеризует изменение величины древнего поля (за единицу принято среднее его значение в течение стабильных периодов). Хорошо заметны смены знака на фоне пониженной величины магнитного поля*

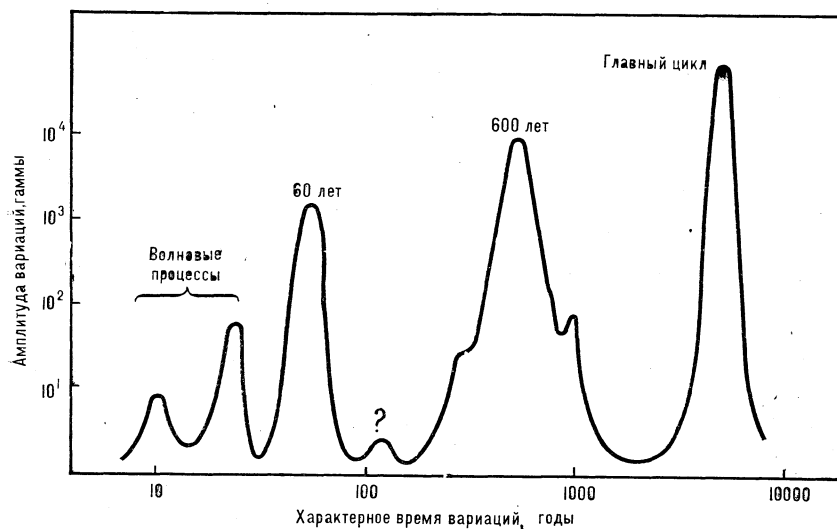
го периода» (между двумя зонами стабильного направления магнитного поля), и изучить величину и направление намагниченности этих кубиков, то мы можем построить два графика. Ось времени будет символизировать чередование пластов в земной коре. Первой инверсии предшествует длительное (тысячи лет) уменьшение поля в 3—5 раз, а возвращение к прежнему уровню на тысячи лет запаздывает относительно последней инверсии.

Если считать «переходным периодом» любое время уменьшенных значений поля, то можно сказать, что в палеомагнитной истории нашей планеты известны переходные периоды, когда либо не было ни одного обращения («несостоявшиеся инверсии»), либо происходило одно, два («эпизоды») и даже до девяти обращений. Однако не известно ни одного обращения знака поля без предварительного понижения его величины.

## ВЕКОВЫЕ ВАРИАЦИИ

Палеомагнетизм изучает периоды магнитного поля Земли, существовавшего миллионы и миллиарды лет тому назад. Для более коротких периодов, когда поле непосредственно измерялось, обнаружено также немало интересного. Магнитное поле Земли непрерывно изменяется в пространстве и времени. Самая главная особенность этих изменений заключается в том, что их можно разделить на отдельные типы «вековых вариаций» с резко отличными характерными временами — все изменения поля могут быть описаны вариациями четырех типов.





Очень интересно связаны у этих вариаций характерное время и пространственные размеры. Главные во времени — главные и в пространстве: первый тип вариаций — колебания с периодом около 8 тыс. лет имеют амплитуду до половины средней величины дипольного поля, то есть изменения охватывают всю Землю.

Мы живем в эпоху уменьшения дипольного поля, а начало нашей эры совпало с максимальными его значениями, которые в 1,5 раза превышали современное. Эти вариации мерно колышат магнитное поле Земли много миллионов лет. Там, где палеомагнитные данные могут быть достаточно точными и подробными, мы всегда видим периодические изменения поля с таким характерным временем.

Вторая группа вариаций связана с изменением во времени той части

магнитного поля Земли, которая составляет основные, самые заметные отклонения от дипольного поля. Мореплаватели начиная со времен Колумба составляли карты магнитного склонения. Современный анализ этих карт и данных, положенных в их основу, позволил довольно уверенно проследить развитие этих вариаций в пространстве и времени. Конечно, данных недостаточно, чтобы выделить последовательное рождение и распад многих крупных особенностей поля, но один «цикл» прослежен убедительно. Современное «недипольное» поле представляет ряд крупных, простирающихся на многие тысячи километров «мировых аномалий». Последние несколько сотен лет они росли, распадались и при этом двигались по поверхности Земли. Аномалии зарождались в низких широтах, где-то вблизи экватора, двигались к западу, затем их путь искривлялся, они все более сворачивали к ближайшему полюсу и, наконец, распадались, рассасывались, исчезали.

Третий тип вариации — 60-летние. Они имеют еще меньшие пространственные размеры. Если выделить изменения поля только за их счет, то направление изменений горизонтальной составляющей напряженности поля покажет в сторону, где они максимальны. Возникнув в одном месте, некоторая аномалия поля начинает

расти, достигает максимума и затем распадается. Новая возникает совсем в другой точке, удаленной на тысячи километров. Интересно, что за время своего существования «аномалия» нигде не движется относительно земной поверхности. Пространственные размеры этих «аномалий» — первые тысячи километров.

И, наконец, четвертый тип вариаций — 10—20-летние. Они резко отличаются от предыдущих: сравнительно малы по амплитуде, достаточно быстрые, но площади их распространения очень обширны. Эти вариации близки к гармоническим и охватывают всю поверхность Земли. Для вариаций с периодом около 20 лет, например, создается впечатление, что магнитное поле чуть-чуть дрожит с периодом около 20 лет, причем дрожит не по величине, а по направлению, проскальзывая немного к востоку-западу вокруг оси вращения Земли, подобно балансиру в наручных часах.

Вот коротко все, что мы знаем сейчас о поведении главного магнитного поля Земли.

## ДИНАМО-МАШИНА В ЯДРЕ ЗЕМЛИ

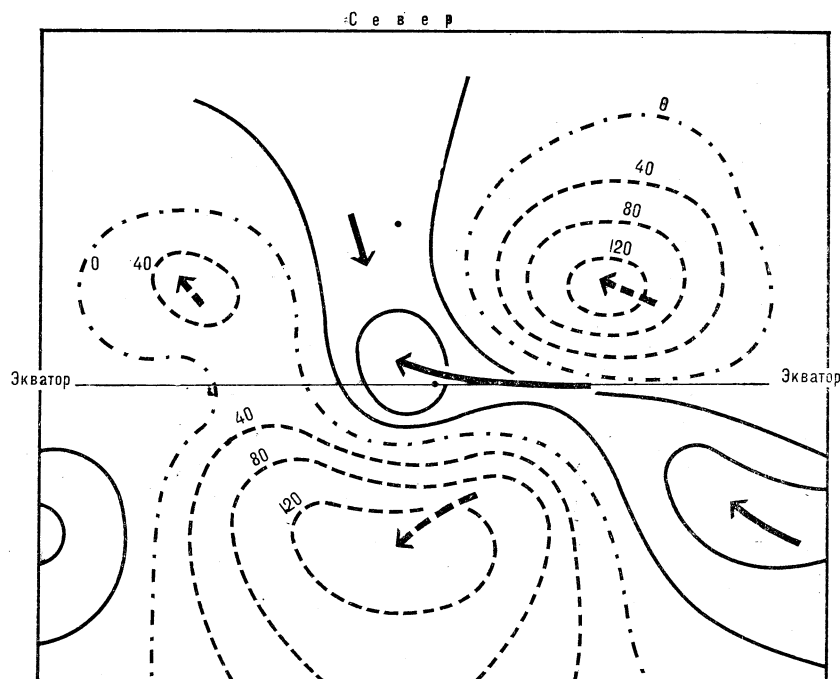
Какие процессы приводят к генерации магнитного поля? Исследования распространения упругих волн, возникших при землетрясениях, показали, что на глубине около 3 тыс. км начинается мощный слой жидкого вещества протяженностью до 2 тыс. км. Затем он сменяется твердым внутренним субъядром. Если в этом жидком слое существуют какие-то движения (например, перемешивание)

■  
*Вековые вариации геомагнитного поля можно представить временным спектром. По вертикальной оси отложены амплитуды всех известных «вековых вариаций», то есть тех изменений геомагнитного поля, которые существуют в эпоху одной полярности; по горизонтальной оси — время. Вариации геомагнитного поля составляют небольшое число узких спектральных полос*

и если эта жидкость обладает достаточной электропроводностью, в ней должны возникать электрические токи и, следовательно, магнитные поля. Исследования скорости суточного вращения Земли показали, что эта скорость довольно быстро меняется во времени и с теми же периодами, что и магнитное поле. Это явление служит доказательством того, что в жидком ядре Земли действительно происходят мощные турбулентные движения.

Каковы должны быть эти движения, чтобы генерировать магнитное поле Земли? Эти движения можно математически представить довольно сложными уравнениями магнитной гидродинамики, в которых объединены процессы в движущейся жидкости с электромагнитными силами, возникающими тогда, когда эта жидкость — хороший проводник электричества. К сожалению, точного решения этих уравнений еще не получено — даже для ЭВМ они слишком сложны. Тем не менее вопрос о принципиальной возможности самовозбуждения поля решен однозначно модельными расчетами, причем выяснилось даже, что существуют по крайней мере два типа очень разных движений в ядре, которые могут быть источниками глобального магнитного поля.

Один из этих типов — множество мелкомасштабных турбулентных движений («динамо Паркера»). Если некоторый объем — «капля» электропроводящего вещества всплывает от нижней границы жидкого ядра к его поверхности, то она закручивается кориолисовыми силами вокруг своей радиальной оси — направления всплы-



тия. При этом она захватывает и многократно усиливает магнитное поле того же направления. Таким образом, достаточно было магнитному (даже очень маленькому) полю возникнуть один раз, как всплывающие вихри придают ему величину, зависящую от их собственной энергии. Когда десятки и сотни вихрей всплывают одновременно, тогда и создается глобальное поле.

Представители другой школы (например, советский ученый С. И. Брагинский) считают, что в ядре нет отдельных мелких турбулентных вихрей и перемешивание вещества осуществляют упорядоченные конвективные потоки, охватывающие весь объем жидкого ядра. Генерация поля воз-

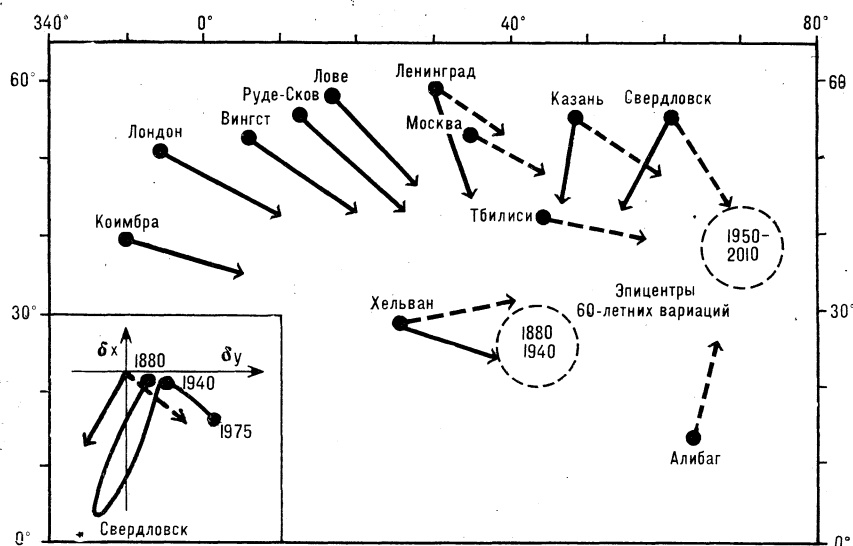
можна и в этом случае, поскольку у Земли есть одна выделенная ось — ось ее вращения. Конвективный поток должен быть симметричен относительно нее. Например, он может состоять из восходящих ветвей в высоких широтах и нисходящих — в низких, замыкая ячейки. Но по существу каждая крупная конвективная ячейка ничем принципиально не отличается от мелких ячеек в «динамо Паркера» — она также захватывает и усиливает магнитное поле. Разница заключается лишь в том, что глобальность магнитного поля обусловлена здесь глобальным масштабом ячейки, тогда как в «динамо Паркера» — коллективным действием мелких вихрей.

Обе теории имеют один и тот же недостаток — они содержат слишком много упрощений и довольно произвольных предположений.

## КАК ВЫБРАТЬ ТЕОРИЮ?

До последнего времени гипотезы мелкомасштабных турбулентных и крупномасштабных конвективных движений конкурировали друг с другом. Сейчас появились данные в пользу того, что обе гипотезы справедливы.

*Карта вертикальной составляющей геомагнитного недипольного поля для вариаций с периодом 600—1000 лет. Хорошо видно несколько крупных «мировых аномалий», существующих в настоящее время. В прошлом картина была иной. Стрелки показывают направления, по которым перемещались аномалии за последние 400 лет*



ского). Это и есть главный цикл. Нисходящий поток в районе экватора очень «размазан» по сравнению с «концентрированным» потоком на полюсе. Он не может быть равномерным и устойчивым — случайные отклонения разбивают его на отдельные более и менее интенсивные участки. Возникнув в верхних слоях ядра, такие участки, во-первых, медленно погружаются в глубь ядра вместе с током жидкости, а во-вторых, движутся благодаря электромагнитным и кориолисовым силам вдоль экватора к западу. Западная составляющая их скорости движения уменьшается по мере погружения в ядро, что и приводит к наблюдаемому на поверхности Земли «дрейфу» магнитных мировых аномалий.

20-летние вариации, в отличие от всех других, имеют природу не конвективную, а волновую: земное ядро совершает серию затухающих колебаний. При определенных значениях параметров ядра частота этих колебаний должна соответствовать периоду 20-летних колебаний поля на поверхности. Тщательное изучение скорости вращения Земли показывает, что и в них хорошо заметны те же 20-летние колебания. Заметим, что к самому процессу генерации эти колебания отношения не имеют.

Но 60-летним вариациям в этом механизме объяснения нет. Они могут генерироваться только механизмом мелкомасштабных движений. Как говорилось выше, в рамках гипотезы крупномасштабных движений нет места и инверсиям — для них нужна внешняя возбуждающая сила. А может быть, удастся два эти недостатка обратить в один сильный аргумент?

Дело в том, что «стабильное» состояние магнитного поля со всеми типами вековых вариаций (кроме 60-летних) хорошо согласуется с гипотезой крупномасштабных конвективных движений. Однако в рамках этой гипотезы трудно объяснить сам факт инверсий направления поля. А если все-таки допустить инверсии как срыв генерирующих движений, то во время переходного периода величина поля должна монотонно уменьшаться до нуля и сам момент обращения знака поля должен быть приурочен к началу роста его величины и установлению новых конвективных ячеек. Длительное постоянство магнитного поля в переходные периоды свидетельствует о том, что это не просто срыв генерации, как обычно считалось, а, скорее, вмешательство другого механизма, генерирующего поле.

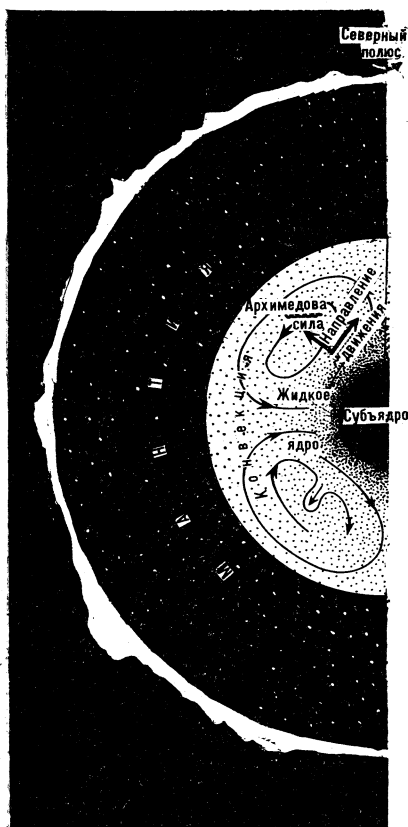
60-летние вариации горизонтальной составляющей геомагнитного поля «описывают» в каждой обсерватории узкие, вытянутые эллипсы (показано дополнительно на врезке внизу). По направлению изменений поля определяется положение «эпицентров»: вариации имеют региональный характер, каждый следующий эпицентр возникает на новом месте

И этим другим механизмом может быть взаимодействие мелкомасштабных вихрей.

В самом деле, мелкомасштабное турбулентное движение свойственно более энергичным процессам, крупномасштабное — менее энергичным. Грубо говоря, первые напоминают процесс кипения, а вторые — медленный нагрев воды в кастрюле. Но неупорядоченный процесс, во-первых, более «расточителен», значит, и величина поля при этом должна быть меньше, а во-вторых, он менее инерционен, следовательно, и смена полярности может происходить быстрее. Именно это и свойственно переходным периодам.

Теперь, выбрав модель движений, мы можем достаточно уверенно говорить о тех процессах, которые приводят к наблюдаемым вековым вариациям. Если мысленно разрезать земной шар через полюсы, то можно представить, как происходят в жидком слое ядра конвективные движения. В меридиональных плоскостях в районе полюсов движется восходящий поток, а в районе экватора — нисходящий. Возникает магнитное поле, причем в процессе генерации возбуждаются своего рода биения, что приводит к изменениям всего магнитного поля (схема С. И. Брагин-





В самом деле, в ходе «главного» цикла изменений поля изменяется и скорость движения в конвективных ячейках, следовательно, также меняется потенциальная энергия источника конвекции (например, неравновесная плотность вещества). И вот во время максимального замедления конвективного движения эта энергия находит другой выход: «пузыри» более легкого вещества прорываются из глубин ядра к его поверхности и,

Крупномасштабная конвекция в жидком ядре Земли — основное генерирующее движение. Однако в системе этих движений есть неустойчивые звенья, где направления движений и действующие силы взаимно перпендикулярны. Вот здесь и возможны прорывы отдельных «капель» вещества (нижняя половина рисунка), что приводит к возникновению 60-летних вариаций геомагнитного поля. Если такие «капли» часто следуют одна за другой, возможен срыв крупномасштабных движений, и тогда наступит переходный период

растекаясь по ней, приводят к изменениям поля с периодом около 60 лет. Если они возникают достаточно часто, то в конце концов могут полностью разрушить упорядоченные конвективные ячейки и целиком взять на себя перенос энергии и генерацию магнитного поля — наступает «переходный период».

Такова в общих чертах картина процессов, приводящих к наблюдаемым изменениям магнитного поля Земли в пространстве и времени. Что же она дает уже сейчас для познания внутреннего строения нашей планеты?

Во-первых, мы знаем теперь довольно хорошо электропроводность жидкого ядра, и это позволяет судить о его вещественном составе.

Во-вторых, мы можем оценить энергию машины, генерирующей магнитное поле, и представить физику процессов в земном ядре.

В-третьих, теперь известно, что процессы в ядре, как и основные характеристики магнитного поля, мало изменялись за последние 2 млрд. лет, что помогает воссоздать историю нашей планеты.

В-четвертых, нам известно, что в земном ядре не могут генерироваться колебания больше «главного» цикла, так что изменчивость параметров палеомагнитного цикла (частота инверсий) с характерным временем 200 млн. лет нужно искать в других слоях Земли, а именно — в твердой мантии. Поскольку и такие «близкие» нам геологические процессы, как горообразование и движение континентов, идут синхронно с изменением частоты инверсий, можно более верно судить об их источнике.

## НОВАЯ МАЛАЯ ПЛАНЕТА 1976 UA

Первый астероид, у которого период обращения вокруг Солнца (346,8 суток) меньше земного, был открыт в январе 1976 года («Земля и Вселенная», № 4, 1976, с. 24.— *Ред.*). Астероид с периодом обращения всего 283 дня обнаружили 25 октября 1976 года независимо друг от друга четверо американских астрономов. 30 октября его независимо открыл советский астроном Н. С. Черных.

Орбита новой малой планеты, получившей обозначение 1976 UA, располагается большей частью внутри орбиты Земли и наклонена к плоскости эклиптики только на 6°. Расстояние астероида от Солнца изменяется от 68,8 млн. км в перигелии (астероид прошел его 10 августа 1976 года) до 182,2 млн. км в афелии. Эксцентриситет орбиты, равный 0,447, слишком велик для астероидов. Предполагается, что диаметр нового объекта несколько сот метров.

Еще до своего открытия, 20 октября 1976 года, малая планета 1976 UA прошла на расстоянии всего 0,0077 а. е. (1,15 млн. км) от Земли. Согласно расчетам доктора Б. Марсдена (США), в ближайшие годы астероид не будет столь близок к Земле. В конце 1977 года он подойдет к нашей планете примерно на 0,5 а. е., в январе 1981 года — на 0,18 а. е. и в конце 1982 года — на 0,12 а. е.

«Sky and Telescope», 53, 1, 1977.



## Инфракрасная астрономия и галактическая пыль

На сцене следующие действующие лица: с одной стороны — миллиарды звезд, погруженных в относительно плотную среду, состоящую из нейтральных и ионизованных газов, атомов, ионов, молекул и радикалов, пылинок различной формы и размеров;

облака, туманности, временами бесформенные клочки материи... непрозрачная среда, почти не проникаемая для человеческого глаза, смотрящего на Млечный Путь;

миллиарды других галактик за пределами нашей (спиральные, с перемычками, неправильные, компактные или диффузные...), причем их во Вселенной гораздо больше, чем звезд в Галактике.

С другой стороны — находящийся на борту кораблика «Земля» — одной из песчинок среди многих других — астроном, который имеет небольшие телескопы и детекторы с ограниченными возможностями, но обладает творческим воображением и знанием физики.

Само существование в нашей Галактике мелких поглощающих пылинок известно давно. Эти пылинки, расположенные между звездой и наблюдателем, приводят к покраснению света звезды (по той же причине Солнце, если на закате оно видимо сквозь дымку, кажется покраснев-

**В инфракрасном диапазоне излучают холодные пылинки, заполняющие все межзвездное пространство. К ярким инфракрасным источникам относятся протозвезды, звезды-коконы и звезды, сбрасывающие оболочку, — новые и сверхгиганты. Одновременные наблюдения пыли и газа в некоторых местах Галактики представляют интерес для проблемы происхождения жизни.**

шим), а иногда и скрывают от наблюдателя звезду. Тот факт, что поглощение проявляется в виде покраснения, указывает на **возрастание** непрозрачности при переходе к синей части спектра. Проникнем ли мы своим взором сквозь плотные пылевые облака, если будем проводить наблюдения все дальше и дальше от видимой области — в инфракрасном диапазоне?

### ИНФРАКРАСНАЯ ТЕХНИКА

Для своих исследований физики и астрономы имеют сейчас под рукой почти полный набор длин волн — от самых коротких (гамма-лучи) до самых длинных (километровые радиоволны). Только небольшая их часть достигает поверхности Земли.

Инфракрасный диапазон простирается от видимого участка спектра (1 мкм) до микроволнового (1 мм), его можно разделить на две области. Излучение в **ближней** инфракрасной области наблюдается в нескольких «окнах прозрачности» земной атмо-

сферы, расположенных между полосами поглощения водяного пара и углекислого газа. Это излучение можно регистрировать с Земли, желательно на высокогорных обсерваториях. В **дальней** инфракрасной области (от 10 мкм до 1 мм) наблюдения следует проводить уже за пределами плотного слоя атмосферы — с аэростатов, самолетов и, конечно, со спутников.

В 1801 году В. Гершель, регистрируя излучение различных участков солнечного спектра чувствительным термометром, обнаружил, что нагревание достигло максимума за красным концом видимого спектра. Так Гершель открыл само существование «инфракрасного излучения» (наличие которого подозревал столетием раньше И. Ньютон), называвшегося в течение многих лет «тепловым излучением».

Истинная природа «теплого излучения» не могла быть понята Гершелем. Ошибкой было использование слова «тепло», поскольку сама природа приемника (а не излучения!) являлась причиной его нагревания. Но разве эта ошибка не знаменательна? Современные астрофизики полагают, что наблюдаемое излучение — следствие как основных свойств излучающих объектов, так и поглощений и рассеяний, которые испытывают фотоны на пути от источника к наблюдателю. Мы должны помнить об этом, совершая путешествие в инфракрасную Галактику.

Первым чувствительным детектором инфракрасного диапазона был **тазиметр**, использованный Т. Эдисоном во время наблюдения солнечного затмения 29 июля 1878 года. Действие тазиметра основано на расши-

Сокращенный текст доклада, прочитанного 25 августа 1976 года на XVI Генеральной ассамблее Международного астрономического союза (Гренобль, Франция). Публикуется с любезного разрешения автора. Им же присланы иллюстрации, помещенные на страницах 34 и 36. Перевод с английского С. Н. Родионова.



рении теплопоглощающего материала. Палочки из вулканиста при нагревании расширялись и давили на углеродный диск. Под давлением электрическое сопротивление углерода менялось, и эти малые изменения усиливались и измерялись. Эдисону посчастливилось создать очень эффективное устройство: его детектор насыщался, даже когда в нескольких метрах от тазиметра находился курильщик! Но сам Эдисон думал, что его прибор «бесконечно деликатный». В действительности это звучало как окончательный приговор подобной новинке.

Вместо того чтобы измерять расширение (частично необратимое явление, использованию которого мешали случайности, изменения формы и т. п.), пришли к идее определять изменения электрического сопротивления, вызванные нагреванием в платине. Зачерненная платина сильно поглощает во всем спектре электромагнитного излучения, включая инфракрасное.

Первый действительно чувствительный и надежный детектор, который отметил рождение инфракрасной астрономии,— это **болометр**, созданный С. Лэнгли в 1881 году.

Инфракрасные детекторы совершенствовались, и вскоре болометр Лэнгли был заменен слюдяными радиометрами, затем термоэлементами и, наконец, современными болометрами на германии, легированном галлием. В инфракрасных детекторах

■  
*Темные и светлые туманности в созвездиях Змееносца и Стрельца*



нашло применение и такое явление, как фотопроводимость: у некоторых материалов проводимость зависит от принимаемого потока фотонов.

Инфракрасный диапазон слишком широк для того, чтобы к нему был приложен единый набор технических средств. В ближней инфракрасной области еще можно использовать фотографию, если необходимо, гиперсенсибилизируя эмульсию. Трудности начинаются с длины волны 2 мкм. Надо не только непрерывно приспосабливать тип приемника, но и менять оптику. При 2 мкм стекло уже непрозрачно, кварц становится непрозрачным при 3 мкм, в диапазоне 2,5—8 мкм можно использовать флюорит, в диапазоне 7—14 мкм — каменную соль, а вблизи 20 мкм — силвин. При этом оптические устройства должны работать по принципу отражения, а не преломления, особенно в спектрографах.

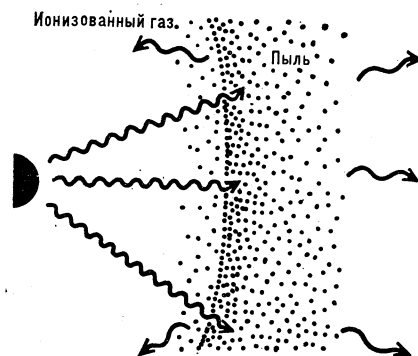
С увеличением длины волны кроме чисто оптических трудностей постепенно накладываются трудности астрономические. Предельное угловое разрешение телескопа с зеркалом данного размера пропорционально длине волны. Можно понять поэтому, зачем нужны большие инструменты, если желательно получить детальные изображения хорошего качества. Понятно также, почему в дальней инфракрасной области (наблюдаемой только со спутников или высоко летающих самолетов) использование больших инструментов вообще затруднительно, а в настоящее время почти невозможно. С другой стороны, в инфракрасном диапазоне изображения менее возмущены, чем в видимой области спектра.

## ПОЧЕМУ ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ?

Несмотря на большие технические трудности, астрономы все-таки используют инфракрасный диапазон. Причин для этого много. Но чтобы полностью оправдать глубокое погружение в инфракрасный галактический океан, достаточно двух фактов: **излучение холодных пылинок** велико только в инфракрасном диапазоне;

**прозрачность пылевых облаков** в инфракрасных лучах выше, чем в видимой области.

В некоторой степени поглощение света (непрозрачность) в видимом диапазоне служит причиной излучения в инфракрасном диапазоне. Представим себе звезду, окруженную пылью, погруженную, так сказать, в поглощающую баню. Практически любую звезду — горячую или холодную, старую или молодую. Пока не будем ничего предполагать о физической природе этой странной ассоциации. Испускаемая такой звездой энергия, по крайней мере частично, поглощается пылевым облаком. Пыль нагревается и сама излучает поглощенное тепло. Несомненно, должно установиться некоторое стационарное равновесие, называемое **радиационным**. Температура достигнет равновесного значения, которое зависит от размеров пылинок, их поглощающей способности и расстояния от звезды. Можно представить, что непрозрачность облака пыли в видимом диапазоне преобразуется в инфракрасном диапазоне в излучение, которое полностью компенсирует поглощение и соответствует излучению

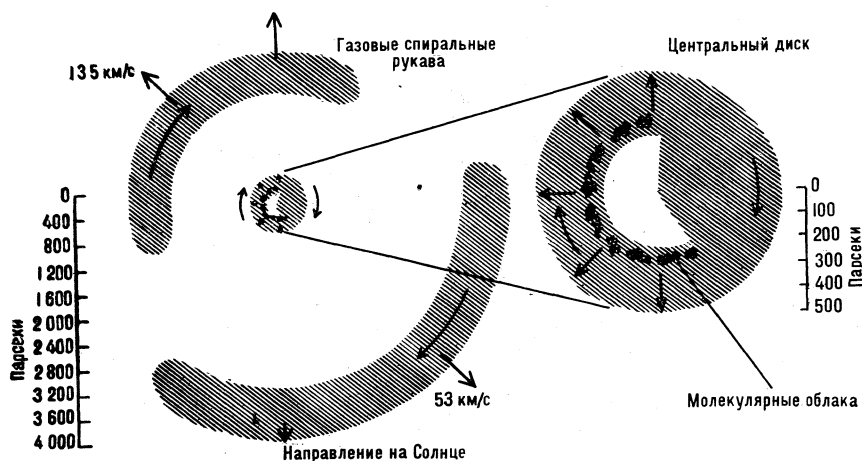


абсолютно черного тела с температурой около 1000 К. Таким образом, два свойства пылинок проявляются в различных аспектах одного явления.

Конечно, не следует принимать буквально эту классическую интерпретацию, если даже инфракрасное излучение — преобразованное видимое излучение. Пылевые облака могут быть дискретными, и они, хотя и излучают, но совсем не обязательно поглощают видимый свет вдоль луча зрения. В нагрев пыли могут вносить вклад ультрафиолетовое излучение, а также частицы (протоны, электроны) или энергия, освобождающаяся при гравитационном сжатии. Некоторые исследователи считают даже, что в масштабах Галактики доминируют эти источники энергии, так что светимость, установленная по наблюдаемым звездам, должна быть значительно меньше, чем инфракрасная светимость всей Галактики.

Если отложить на одной диаграмме инфракрасную светимость многих хорошо изученных областей ионизованного водорода HII, светимость звезд начальной главной последовательности, а также светимость звезд в линии водорода  $L_{\alpha}$ , то можно заметить явную зависимость между двумя первыми величинами: очень малая доля энергии преобразуется в излучение газа и, наоборот, значительная

*Звезда, погруженная в пылевое облако. Испускаемые звездой фотоны видимого и ультрафиолетового диапазонов поглощаются в облаке и нагревают пыль, которая излучает в инфракрасной части спектра*



ее часть переходит в тепловое излучение пылинок. А поскольку излучение газа тоже идет на нагревание пыли, то в конечном счете все излучение звезды преобразуется в инфракрасное. Поэтому поглощение в видимом свете и излучение в инфракрасном диапазоне тесно связаны.

**Законы излучения** хорошо известны. Это законы излучения абсолютно черного тела с температурой ниже температуры испарения пылинок — от нескольких градусов до 1500—2000 К. Именно в инфракрасном диапазоне такое излучение имеет максимум.

**Законы поглощения** известны не столь хорошо. Их можно определить, зная состав, размер и физико-химические свойства пылинок. Но в видимом диапазоне, равно как и в ультрафиолетовом, исследование межзвездного покраснения приводит к очевидному выводу: непрозрачность возрастает с уменьшением длины волны. В видимой области спектра непрозрачность обратно пропорциональна длине волны. Если этот закон справедлив и в инфракрасном диапазоне, то при поглощении около 10 звездных величин на 5000 Å можно предсказать ослабление только на 5 величин для 1 мкм или на 0,5 для 10 мкм. Такая грубая оценка почти правильна: звезда, сильно ослабленная поглощением в видимом свете, может быть совсем неизменной в инфракрасном диапазоне и даже в ближней инфракрасной области.

Рассмотрим центр Галактики — область, которая в видимом свете кажется обычной частью Млечного Пути. Эта область располагается в созвездии Стрельца. Она богата звезда-

ми, звездными скоплениями и межзвездной материей. Фактически в видимом диапазоне **галактический центр мы не наблюдаем**. Около 9000 Å глаза астронома проникает глубже: на инфракрасных фотографиях отчетливо видны области, лежащие очень близко к центру. На волне 2,2 мкм уже нельзя использовать фотографию и гиперсенсибилизацию, но тем не менее можно получать замечательные картинки, на которых галактический центр проявляется таким, как он есть: сильно излучающая в инфракрасном диапазоне область, не закрытая, в отличие от видимого диапазона, темными облаками. В галактическом центре можно наблюдать те же объекты, что и в центрах других галактик. Здесь находится радиоисточник Стрелец А, миллиметровое и сантиметровое излучение которого не тепловое, здесь же обнаружены многочисленные молекулы, образующие весьма массивное облако (возможно, до  $10^7$  солнечных масс) очень сложной структуры. Это облако расширяется в результате некоего вида ак-

тивности (по-видимому, взрывных процессов), которая ранее могла быть связана с истинным ядром Галактики.

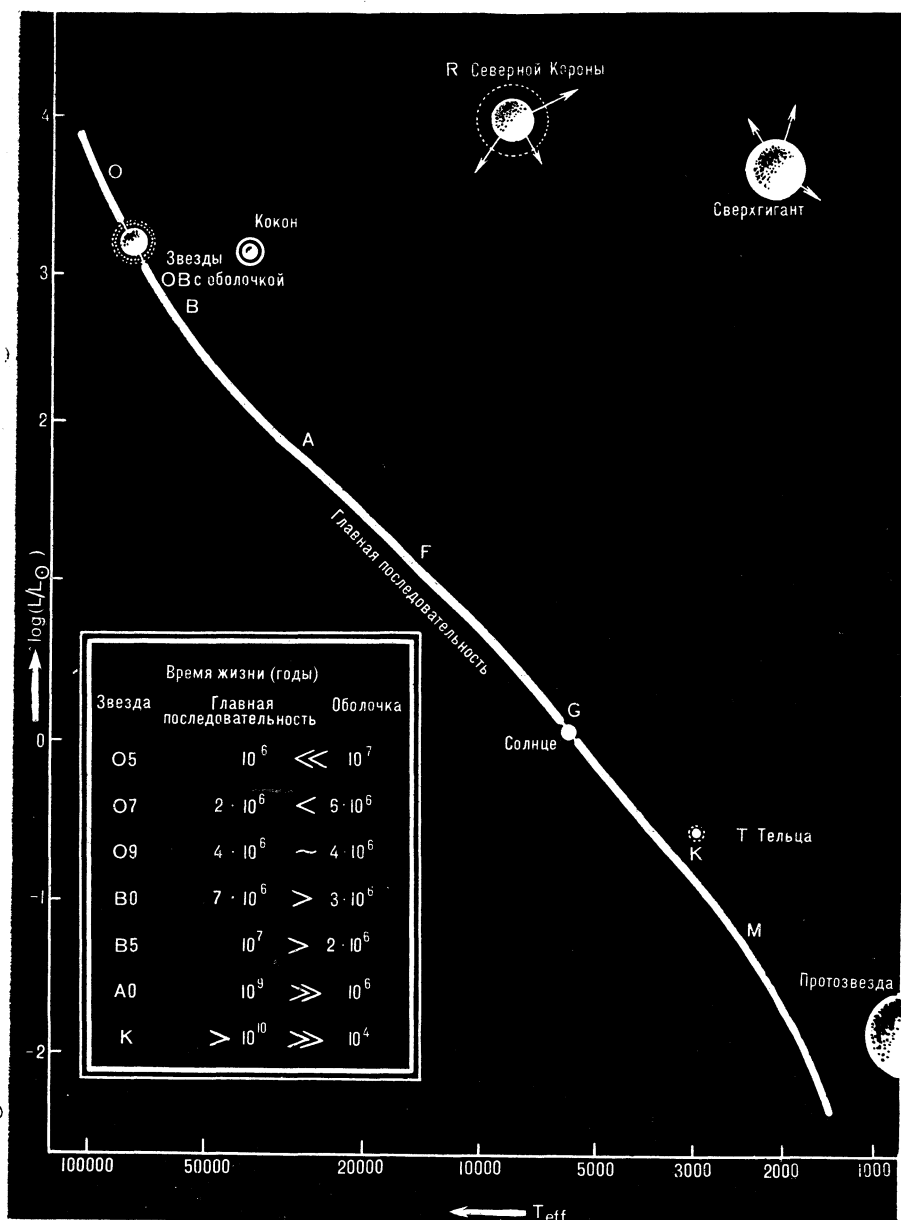
Точно так же, как радионаблюдения в линии 21 см (нейтральный водород) и в молекулярных линиях, инфракрасные наблюдения формируют наши взгляды на Галактику. Судя по инфракрасным измерениям, отношение массы, заключенной в пылинках и газе плотных облаков, к массе вещества между облаками столь велико, что может потребовать пересмотра наших представлений о галактической структуре.

Приближаясь к галактическому ядру, мы пересечем окружающие его пылевые облака и при этом откроем наиболее горячие из них. Так, углубляясь во многие области Галактики, мы обнаружим в них инфракрасные источники.

Объекты, которые могут наблюдаться в инфракрасном диапазоне, весьма многочисленны. Можно различать несколько типов источников в зависимости от их положения на диаграмме Герцшпрунга — Рассела или, если хотите, на основе их эволюционных характеристик. В связи с этим **возраст** как горячих, так и холодных звезд станет важным критерием. Можно вообразить, что существует зависимость между околозвездными облаками и степенью эволюции звезды.

Рассмотрим молодые объекты, еще сжимающиеся, еще не сформировавшиеся звезды — **протозвезды**. Здесь

■ *Схематическое изображение центра Галактики. По современным представлениям, вблизи центра находится быстро вращающийся газовый диск (в увеличенном масштабе он показан справа). Внутри диска наблюдаются расширяющиеся молекулярные облака. В нескольких килопарсеках от центра Галактики расположены спиральные рукава, состоящие из нейтрального водорода. Они расширяются с большой скоростью*



Положение инфракрасных источников на диаграмме Герцшпрунга—Рессела. На оси ординат отложено отношение светимости объекта к солнечной светимости, на оси абсцисс — эффективная температура объекта в логарифмическом масштабе

не следует ожидать установления радиационного равновесия, источником их инфракрасной энергии служит гравитационная энергия, высвобождающаяся при сжатии.

Молодые звезды могут быть еще окружены остатками протозвездного облака. Это редко наблюдается у холодных звезд, но весьма часто — у горячих (время жизни оболочки больше «термоядерного» времени жизни

взрослой звезды). Такие объекты относятся к очень ярким инфракрасным источникам.

Поскольку толщина поглощающего облака несомненно служит приметой молодости, можно проследить все стадии эволюции от протозвезды до «кокона», почти полностью скрывающего погруженные в него звезды, и, наконец, до звезд, окруженных разреженной оболочкой, которая лишь ослабляет их свет.

Инфракрасный источник иного типа — проэволюционировавшая звезда (новая, сверхгигант), способная извергать заметные количества материи. Излучательные свойства этой звезды иные, так как окружающие ее пылинки сильно отличаются от пылинок, расположенных около молодых объектов.

## ПРИНЦИПЫ ДИАГНОСТИКИ НЕПРЕРЫВНОГО СПЕКТРА

Что же все-таки можно установить, проводя наблюдения на всех длинах волн и, в первую очередь, из распределения энергии в спектре!

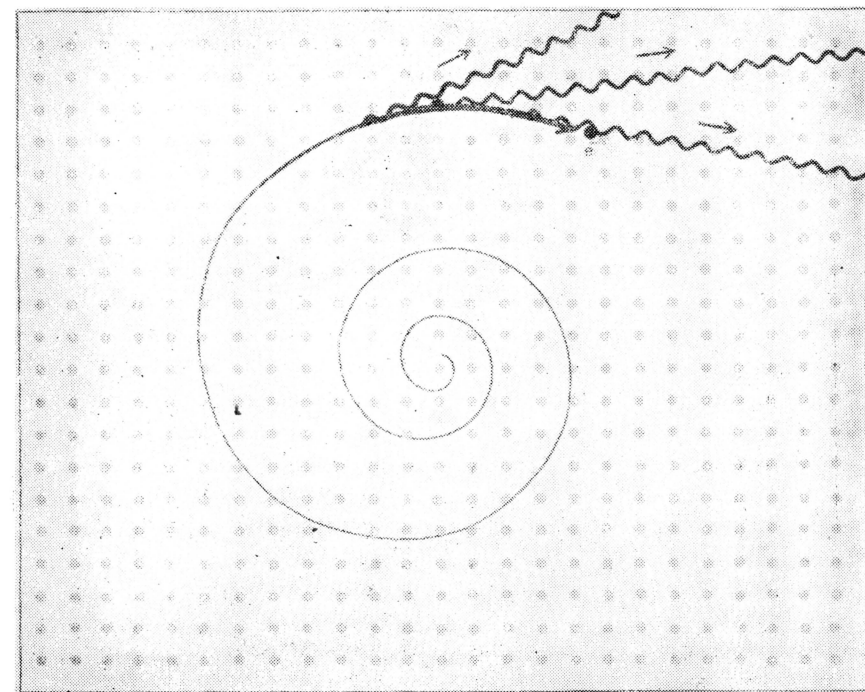
Рассмотрим спектры различных компонентов сложного объекта, с которого как бы снимается слой за слоем во время исследования.

Сначала звезды... Самые горячие из них — звезды класса О — обладают эффективной температурой около 50 000 К. У самых холодных звезд класса М температура может опускаться до 3000 К. Наблюдаемый поток от этих объектов в инфракрасном диапазоне пропорционален температуре и излучающей поверхности. Даже сверхгиганты испускают в инфракрасном диапазоне слишком мало

энергии, чтобы их, за редким исключением, можно было наблюдать в ближней инфракрасной области.

Если существует **избыток** инфракрасного излучения, то этому мы обязаны **оболочке**. Рассмотрим **газовую** оболочку такого типа, какие окружают горячие звезды. Звезды класса О — источники интенсивного ультрафиолетового и рентгеновского излучений, которые могут ионизовать около звезды довольно протяженную (парсеки, сотни парсек) область Н II. Рекомбинация свободных электронов с протонами или с более тяжелыми ионами в области Н II приводит к появлению рекомбинационного свечения. Оно проявляется в эмиссии всех водородных линий, и особенно  $H_\alpha$ . Измерения рекомбинационных линий некоторых ионов кислорода и азота позволили определить физические условия в областях Н II: температура порядка 6000—10 000 К, плотность меняется в широких пределах — от 1—10 частиц/см<sup>3</sup> в наименее плотных зонах, до 10<sup>4</sup>—10<sup>5</sup> частиц/см<sup>3</sup> (а в ряде случаев еще выше) в самых плотных. Области Н II излучают во всем спектре. На больших длинах волн их излучение связано с переходами между двумя энергетическими уровнями свободного электрона при его торможении (тепловое тормозное излучение). Энергичные фотоны ультрафиолетового диапазона таким путем деградируют в менее энергичные видимые и инфракрасные фотоны.

Спектр области Н II, как и обычно, отражает излучательные свойства самой области (черное тело) и ее поглощающие свойства. Если область Н II прозрачна для инфракрасных лу-



чей, то испускаемая ею энергия пропорциональна полному числу ионизованных атомов, то есть полному числу ионизирующих фотонов. Излучение, грубо говоря, не зависит от плотности, а определяется только температурой источника. На более длинных волнах непрозрачность может оказаться заметной, а начиная с некоторой длины волны, определяемой плотностью, излучение области Н II будет пропорционально ее поверхности, а не объему. Тогда спектр спадает к длинным волнам, но если же непрозрачность достаточно мала, то спектр будет плоским.

Если области Н II содержат магнитные поля, то последние могут вызывать излучение, интенсивность которого растет с увеличением длины волны. Это — нетепловое синхротронное излучение, обязанное торможению релятивистских электронов в

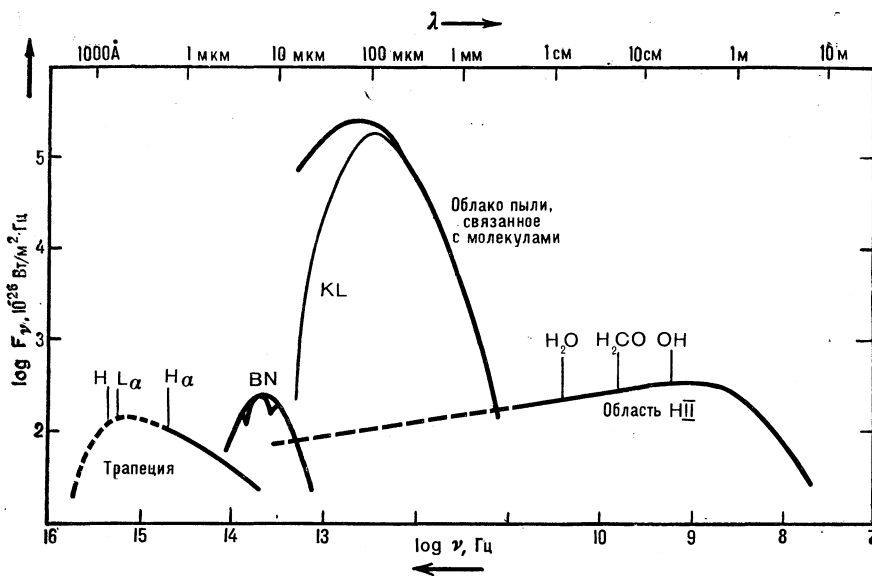
магнитном поле. Синхротронное излучение — сильно направленное, оно заполняет очень малый телесный угол. Но в некоторых источниках пучки релятивистских электронов движутся во всех направлениях, а магнитные структуры очень сложны, поэтому и электроны излучают во всех направлениях. Синхротронное излучение наблюдается в спектре солнечных вспышек. Оно характерно для радиоисточников, возникших при взрыве сверхновых — таких, как Крабовидная туманность (радиоисточник Телец А). Радиоспектр квазаров также обусловлен синхротронным излучением.

Кроме центра Галактики (Стрелец А) и Крабовидной туманности (Телец А) очень немногие известные галактические источники испускают нетепловое инфракрасное излучение и немногие имеют спектр теплового тормозного излучения. Как правило, характерные особенности этих спектров теряются в тепловом спектре твердых пылинок, локализованных в инфракрасном источнике.

Мы сказали, что в газовой оболочке ультрафиолетовые фотоны горячего источника преобразуются в ви-

■ *Вращающийся по спирали в магнитном поле (линии магнитного поля перпендикулярны рисунку) электрон испускает синхротронное излучение. Оно направлено по касательной к траектории частицы*





димые и инфракрасные фотоны. В свою очередь эти фотоны, так же как и фотоны, испущенные звездой и еще не успевшие деградировать, могут поглотиться пылинками. Пылинки способны поглотить и довольно энергичные фотоны линии  $L_{\alpha}$ , которые излучаются областью HII или даже хромосферами холодных звезд. В большей или меньшей степени устанавливается радиационное равновесие. Пылинки превращают видимое или ультрафиолетовое поглощенное излучение в инфракрасное. И поскольку равновесная температура лежит как раз между несколькими градусами и 1500 K (в крайнем случае, 2000 K), от инфракрасных областей часто исходит только инфракрасное излучение.

В первом приближении диагностика, очевидно, очень проста: области априори считаются непрозрачными, длина волны максимума спектрального распределения фиксирует температуру пылинок, а интенсивность —

видимый диаметр пылевой области (или реальный диаметр, если известно расстояние до источника).

Но искомая непрозрачность, более слабая в инфракрасном диапазоне, чем в видимом участке спектра, не может быть очень большой. Легко заметить, что в первом приближении температура завышена, а размер пылевой области занижен. Доказательством тому — форма спектра, более крутая, чем должен быть спектр абсолютно черного тела. Отклонение от спектра абсолютно черного тела может быть также связано с тем, что в спектре области HII накладываются друг на друга эффекты от нескольких слоев, имеющих разную температуру, или от пылинок с различной температурой.

Часто в спектре пылевой области сочетаются излучательные и поглощательные характеристики нескольких зон с очень разными физическими свойствами. Результирующий спектр довольно сложен. Инфракрасные источники различной температуры проявляются в нем в виде одной или нескольких эмиссионных линий, окруженных участками непрерывного спектра.

(Окончание в следующем номере журнала)

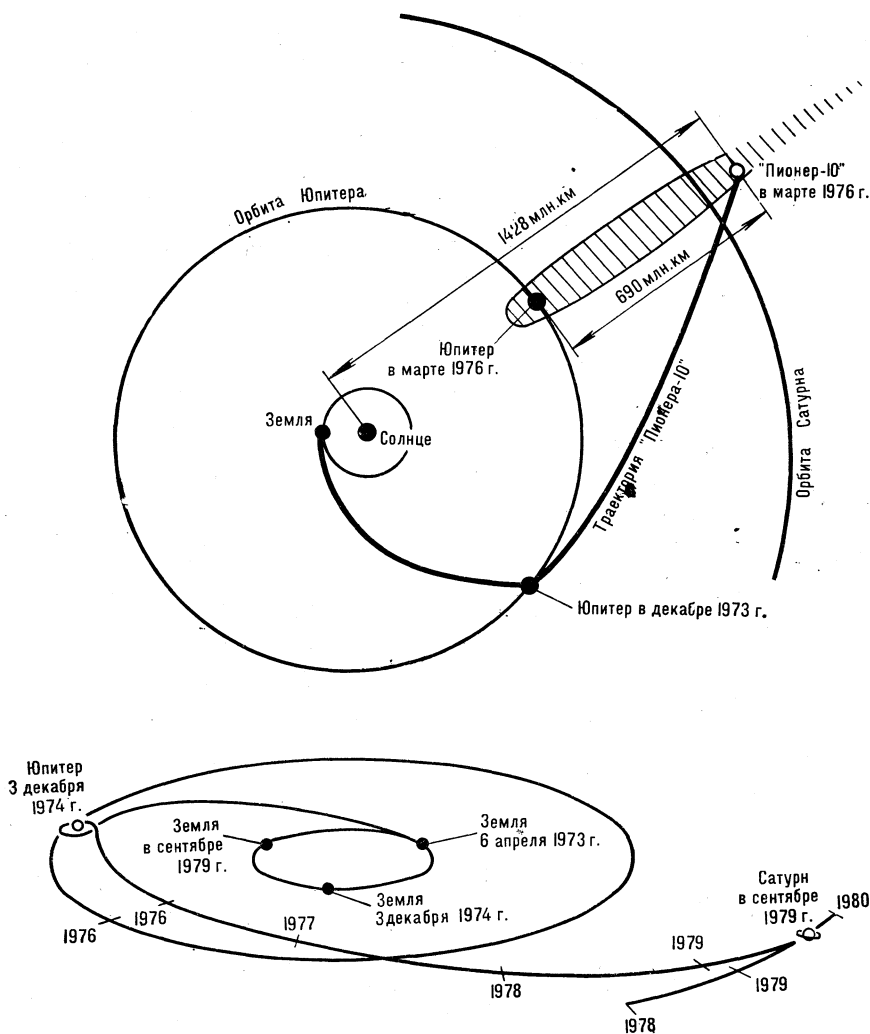
## ВСЕ ДАЛЬШЕ ОТ СОЛНЦА

Американские автоматические межпланетные станции «Пионер-10» и «Пионер-11», запущенные с Земли 3 марта 1972 года и 6 апреля 1973 года, предназначались, в первую очередь, для исследований Юпитера («Земля и Вселенная», № 6, 1973, с. 51; № 2, 1974, с. 80. — *Ред.*). Эту задачу они выполнили. «Пионер-10» прошел на расстоянии 130 000 км от Юпитера 3 декабря 1973 года, «Пионер-11» — на расстоянии 42 800 км 3 декабря 1974 года. Были получены ценные сведения об атмосфере и магнитосфере Юпитера, о радиационной и метеорной обстановке в околопланетном пространстве, а также о знаменитых галилеевых спутниках этой планеты («Земля и Вселенная», № 3, 1977, с. 16–21. — *Ред.*).

Но на этом исследования «Пионеров» не закончились. На «Пионере-10» сейчас работают все научные приборы, за исключением магнитометра, на «Пионере-11» — все приборы, за исключением анализатора плазмы и комплекса оптических телескопов «Сизиф» для наблюдения метеорных тел и астероидов («Земля и Вселенная», № 4, 1972, с. 29–31. — *Ред.*). Автоматические межпланетные станции прошли сквозь радиационные пояса Юпитера почти без осложнений, хотя ученые очень опасались воздействия ионизирующего излучения на бортовое электронное и оптическое оборудование.

Притяжение такой огромной планеты, как Юпитер, существенно изменило траекторию «Пионеров», но по-разному, как это и предусматривалось программой их полета. «Пионер-10» начал двигаться как бы по касательной к орбите Юпитера, удаляясь от Земли почти по прямой. Поэтому положение оси вращения станции практически не приходится корректировать, чтобы обеспечить ориентацию на Землю остроуправленной антенны, расположенной вдоль этой оси. В результате экономится топливо микродвигателей системы ориентации, а его запас во многом определя-

Спектр объектов в созвездии Ориона: BN — инфракрасный источник, открытый Беклиным и Нейгебауэром, KL — инфракрасный источник, обнаруженный Кляйнманом и Лоу. На оси ординат отложен поток излучения, на оси абсцисс — частота в логарифмическом масштабе



ет продолжительность связи со станцией. В середине 1975 года возникла угроза перерасхода топлива: ось вращения аппарата вдруг начала отклоняться от нужного направления. Специалисты терялись в догадках. Для объяснения этого явления привлекалась даже «неизвестная сила планетного происхождения». Однако, как часто бывает, все оказалось просто: звездный датчик системы ориентации вместо Бетельгейзе «захватил»

■ **Траектория полета автоматической межпланетной станции «Пионер-10» (защтрихован шлейф магнитосферы Юпитера) («Air et Cosmos», 14, 618, 1976)**

■ **Траектория полета автоматической межпланетной станции «Пионер-11» («Aviation Week and Space Technology», 101, 22, 1974)**

Сириус, в результате чего сместились опорные координаты и ось вращения стала смещаться на север от расчетного положения.

Удаляясь от Солнца, «Пионер-10» пересек орбиту Сатурна на расстоянии 1,4 млрд. км от Земли 10 февраля 1976 года. Эта станция — рекорсмен по дальности космической связи. Связь с ней надеются поддержать до 1983 года, а потом радиоизотопные бортовые энергетические установки, очевидно, не смогут обеспечить необходимой мощности. В марте 1983 года «Пионер-10» должен пересечь орбиту Нептуна (4,5 млрд. км от Земли), в 1987 году — орбиту Плутона (6 млрд. км от Земли) и выйти за пределы Солнечной системы. В марте 1976 года на расстоянии 690 млн. км от Юпитера, за пределами орбиты Сатурна, «Пионер-10» обнаружил шлейф магнитосферы Юпитера. Ученые и не предполагали, что шлейф тянется так далеко.

Что касается «Пионера-11», то притяжение Юпитера развернуло его почти на  $180^\circ$  и он даже приблизился к Солнцу, но с 1977 года снова от него удаляется. Эта станция вторично пересекла орбиту Юпитера и сейчас движется к орбите Сатурна, которую должна пересечь в сентябре 1979 года, причем в точке, где в этот момент будет находиться Сатурн. Фотополяриметрические исследования Сатурна «Пионер-11» начал на расстоянии 1300 млн. км от планеты.

18 декабря 1975 года в очередной раз скорректировали траекторию «Пионера-11», находившегося на расстоянии около 460 млн. км от Земли. Иначе он прошел бы на расстоянии примерно 2 млн. км от Сатурна. Коррекция позволяет пролететь между внутренним кольцом Сатурна и планетой, а потом около Титана на расстоянии 10 000–20 000 км, или пролететь под кольцами Сатурна. От того, какой вариант будет выбран, зависит дальнейшие коррекции. Исследования Титана представляют особый интерес, потому что этот спутник Сатурна имеет атмосферу. Но пролететь на небольшом удалении от Титана станция может только в том случае, если она окажется между внутренним кольцом Сатурна и планетой. Из-за возможного столкновения с находящимися там «частицами» такой полет представляет опасность для АМС. Если подобные опасения окажутся справедливыми, то, по-видимому, от исследований Титана придется отказаться. Тогда межпланетную станцию направят с внешней стороны колец, где вероятность столкновения с частицами в 10 000 раз меньше. Трасса, по которой «Пионер-11» пролетит около Сатурна, должна быть выбрана к концу 1977 года, чтобы своевременно произвести необходимые коррекции траектории.

После исследований Сатурна (и, возможно, Титана) «Пионер-11» будет двигаться к границе гелиосферы, которую может пересечь до прекращения связи.

(По материалам иностранной печати)



Кандидат физико-математических наук  
Б. П. АРТАМОНОВ

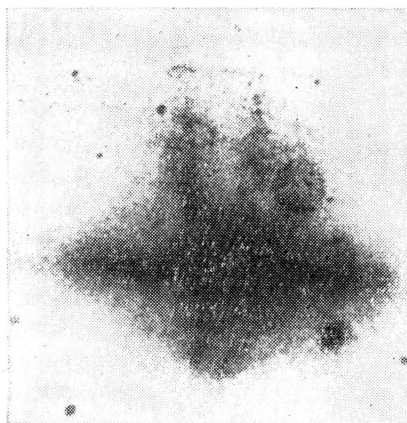
## Взрывается ли «взрывающаяся» галактика?

Взрывные процессы встречаются во Вселенной повсеместно. Они поражают наше воображение своей масштабностью — огромной энергией, выделяющейся за довольно короткие промежутки времени, и размерами области, которую они захватывают.

Взрывные явления происходят практически на всех небесных телах. Взрывы на поверхности Солнца — хромосферные вспышки — хорошо изучены, а их влияние мы ощущаем, когда в земную атмосферу проникает поток солнечных заряженных частиц. Мощные взрывы — такие, как вспышки сверхновых звезд, в непосредственной близости к нам не наблюдаются. Но в других галактиках астрономы часто открывают сверхновые звезды. За несколько дней блеск ранее, казалось бы, ничем не примечательной звезды может сравниться с блеском всей галактики, в которой вспыхнула сверхновая.

Еще более мощные нестационарные процессы протекают в ядрах галактик, на активность которых впервые обратил внимание академик В. А. Амбарцумян («Земля и Вселенная», № 2, 1969, с. 25—34. — Ред.). Изучение ядер галактик Сейферта и квазаров показало, что и для них характерны взрывные явления. У этих объектов большое количество энергии освобождается во всем диапазоне электромагнитного спектра. Интерес астрофизиков к нестационарным явлениям в мире галактик особенно усилился, когда была открыта «взрывающаяся» галактика М 82.

**Что произошло в галактике М 82: гигантский взрыв, охвативший всю галактику, или расширение газово-пылевых облаков, связанное с образованием горячих звезд в центре М 82!**



«ПОРТРЕТ» ГАЛАКТИКИ

М 82 входит в одну из ближайших к нам групп галактик. Расстояние до нее 3,2 Мпс, или  $10^{20}$  км. М 82 — не самая массивная в группе, ее превосходит по массе гигантская спиральная галактика М 81. Эту

*Галактика М 82 (негатив). Область, занятая волокнами, простирается на большое расстояние вдоль малой оси галактики. Снимок в линии  $H_\alpha$  получили И. Дехарвенг и А. Пелле (Франция)*

группу можно наблюдать практически круглый год из северного полушария Земли, так как она видна на небе в созвездии Большой Медведицы.

Галактика М 82, наблюдаемая почти с «ребра», похожа на тонкий диск. Его северный край ближе к нам. Измерения фотографических изображений М 82 дали для большой оси величину около десяти угловых секунд, что на расстоянии 3,2 Мпс соответствует  $3 \cdot 10^{17}$  км. Таким образом, М 82 меньше нашей Галактики примерно в 3 раза. Масса М 82 составляет  $10^{10}$  солнечных, что на порядок меньше массы Галактики.

Диск М 82 — тонкий, она не похожа на эллиптические галактики, не обнаружены у нее и спиральные ветви, поэтому М 82 относят к неправильному типу галактик. На фотографиях галактики не удалось выделить отдельные звезды, несмотря на ее близость к нам. Население галактики М 82 в среднем состоит из звезд спектрального класса А5 (температура поверхности около 10 000 К). Эти звезды белого цвета, но вследствие поглощения света звезд в пылевых облаках галактика М 82 имеет желтый цвет.

Еще несколько галактик обладают теми же признаками, что и М 82 (неправильная, клочковатая структура, большое количество пыли, отсутствие спиралей). Они выделены в особую морфологическую группу под названием неправильных галактик типа М 82.

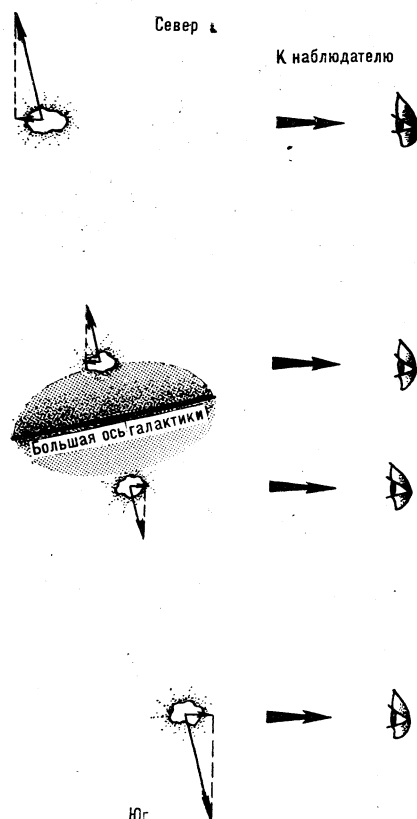
### НАБЛЮДАТЕЛИ «ВИДЯТ» ВЗРЫВ

Старые фотографии М 82, сделанные еще в 1910 году на 1,5-мет-

ровом телескопе обсерватории Маунт Вилсон, демонстрируют на светлом фоне диска галактики темные пылевые облака в виде «каналов» и волокон. После вступления в строй 5-метрового телескопа на обсерватории Маунт Паломар в 1949 году удалось четче выделить волокнистую структуру М 82.

В 1962 году серию фотографий М 82 получил на 5-метровом телескопе А. Сэндейдж. Он фотографировал галактику через фильтр, пропускающий линию  $H_{\alpha}$  (длина волны 6563 Å), которая излучается ионизованным водородом. Одновременно К. Линдс получил спектры М 82 на 3-метровом телескопе Ликской обсерватории, причем щель спектрографа он ориентировал вдоль малой оси галактики. Линии излучения ионизованных газов в спектре М 82 показали заметный наклон, то есть регулярное изменение доплеровского сдвига линии. Это может быть вызвано изменением лучевой скорости газов вдоль малой оси галактики.

Линдс и Сэндейдж объяснили наблюдаемый эффект расширением волокон газа от центра галактики к ее краю. Скорость расширения газа растет с расстоянием от центра галактики. В ста угловых секундах ( $5 \cdot 10^{16}$  км) от центра М 82 скорость расширения газа достигает 1000 км/с. Наблюдаемая в М 82 картина движений газа типична для взрывного процесса. Взрывоподобные явления в ядрах галактик и во вспышках сверхновых происходят в пространстве, много меньшем размеров галактик. В М 82 астрономы впервые увидели взрыв, охвативший галакти-



ку целиком. Естественно, что работа Линдса и Сэндейджа привлекла к галактике М 82 внимание многих наблюдателей.

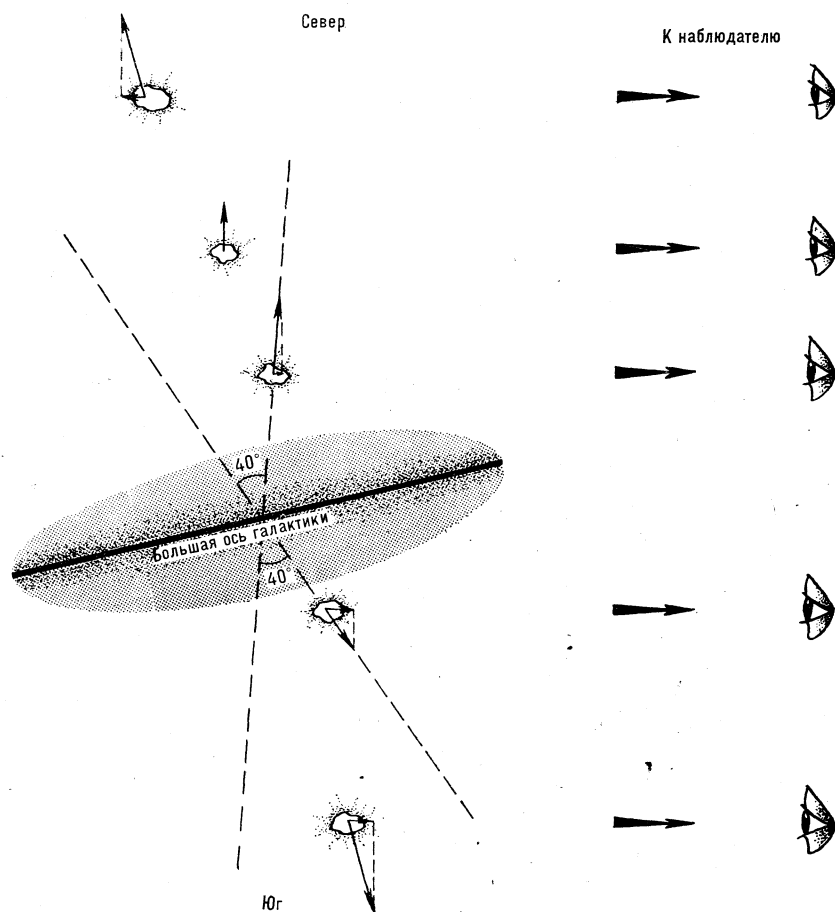
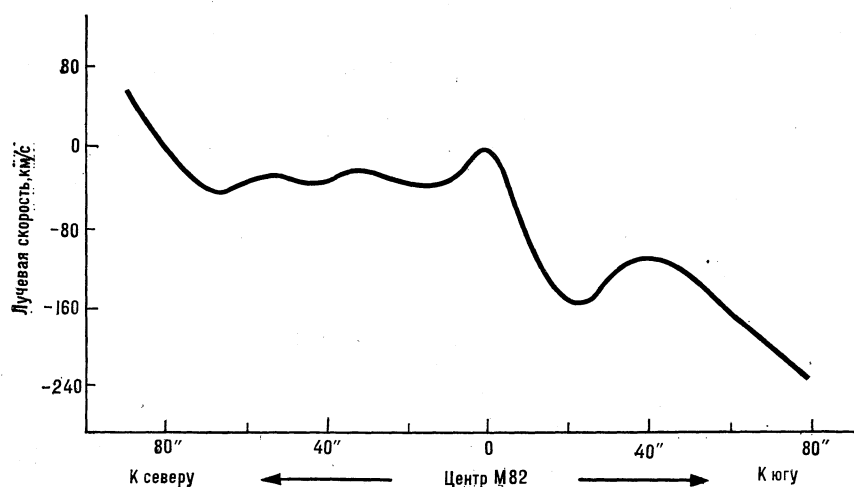
В 1964 году М. и Г. Бэрбиджи

*Выброс при взрыве облаков газа из центра галактики М 82. Газ движется в радиальном направлении. Небольшие лучевые скорости вдоль малой оси М 82 — проекция на луч зрения больших радиальных скоростей движения газа*

вместе с В. Рубин еще раз исследовали скорости газа в М 82, но уже на более обширном материале наблюдений. На photographиях М 82 видна конфигурация волокон, расходящихся от центра вдоль малой оси под углом около  $40^\circ$ . Бэрбиджи и Рубин предположили, что газ расширяется в противоположных по отношению друг к другу конусах с полным раствором  $40^\circ$  вдоль малой оси галактики. При достаточно большой плотности газа наблюдатель увидит только ближнюю к нам кромку «газового конуса» вплоть до его центра, где плотность максимальна. Вследствие наклона галактического диска к лучу зрения, в северной области М 82, вблизи центра, будут наблюдаться отрицательные лучевые скорости (газ приближается к нам), а на краю — положительные (газ удаляется от нас). В южной области М 82 должны быть только отрицательные лучевые скорости. Наблюдения хорошо согласуются с этими предположениями. По расчетам, взрыв в М 82 произошел 2—3 млн. лет назад.

Наиболее подробно изучил распределение лучевых скоростей газа в М 82 Г. Хекаторн в 1972 году. Ему удалось, используя усовершенствованную технику наблюдений, «привязать» щель спектрографа к размытым очертаниям галактики с точностью до одной угловой секунды (раньше «привязку» делали с точностью лишь до четырех-шести угловых секунд). Это позволило Хекаторну провести тщательный анализ лучевых скоростей газа. Он обнаружил, что газ не только расширяется от центра галактики, но и вращается





Изменение лучевых скоростей газа вдоль малой оси галактики М 82 (данные Бэрбиджей и Рубин, США)

Расширение газа в М 82. Пунктиром очерчены два конуса, ориентированные вдоль малой оси галактики.

В этих конусах и происходит расширение газа. Наблюдатель видит переднюю кромку конуса и его центр, если газ оптически толстый. В северной области М 82, вблизи центра, газ приближается к наблюдателю, на краю — удаляется от него. В южной области М 82 газ приближается к наблюдателю

вместе с ней. Оказалось, что максимальное изменение лучевых скоростей с расстоянием от центра происходит на линии юг — север или под углом  $45^\circ$  к малой оси галактики.

Линдс и Сэндейдж по фотографии М 82 в линии  $H_\alpha$  оценили поток энергии для всего объема ионизованного водорода в галактике. Поток энергии в линии  $H_\alpha$  получился равным  $2 \cdot 10^{40}$  эрг/с, а масса ионизованного водорода — около  $6 \cdot 10^6$  солнечных. Эмиссионный линейчатый спектр ионизованного газа в М 82 похож на спектр газовых туманностей в нашей Галактике. Какой механизм поддерживает на протяжении миллионов лет ионизацию газа в галактике?

М 82 — слабый источник радиоизлучения. Ее радиоспектр такой же, как у нетепловых радиоисточников. Линдс и Сэндейдж экстраполировали наблюдаемый радиоспектр в видимую и ультрафиолетовую области и предположили, что непрерывный спектр галактики образуется в результате излучения релятивистских электронов в магнитном поле (синхротронный механизм). Ультрафиолетовые кванты этого излучения с длиной волны короче  $912 \text{ \AA}$  должны поддерживать постоянную ионизацию газа в М 82 в течение всего взрыва, иначе ионизованный газ высветится и превратится в нейтральный уже через 1—10 тыс. лет. Поток энергии по всему непрерывному спектру, который излучается релятивистскими электронами за «время взрыва» порядка миллиона лет, равен  $10^{55}$ — $10^{56}$  эрг. Электроны теряют свою энергию спустя 10—100 тыс. лет. Для сохранения наблюдаемого уровня



синхротронного излучения следует непрерывно пополнять энергию электронов, то есть электроны должны периодически впрыскиваться в систему волокон М 82 путем последовательных взрывов — около сотни взрывов за миллион лет.

В 1964 году В. Миллер и А. Сэндейдж обнаружили сильную поляризацию излучения во внешних частях волокнистой структуры галактики. Этот факт они рассматривали как дополнительный аргумент в пользу синхротронной природы излучения в М 82.

#### ПЫЛЕВЫЕ ОБЛАКА В ГАЛАКТИКЕ

В 1963—1966 годах в Лоуеллской обсерватории А. Эльвиус выполнила наблюдения цветowych показателей и поляризации излучения М 82 на 1,7-метровом телескопе с фотоэлектрическим поляризметром. Она нашла, что поляризация света в волокнах галактики достигает 25—30%. Поляризация, по ее мнению, происходит при рассеянии света, испускаемого центральными, достаточно горячими источниками (может быть, звездами ранних спектральных классов), на пылевых облаках. Эльвиус высказала предположение, что между М 82 и ее ближайшей соседкой — гигантской галактикой М 81 находятся пылевые облака. Они движутся к М 82. Освещение пылевых облаков центральным источником создает видимую сложную картину распределения лучевых скоростей в М 82.

По-другому объяснил поляризацию излучения М 82 А. Солинжер. Он предположил, что в центре галактики должно быть ядро, похожее на ядра

галактик Сейферта. Ядро М 82 освещает окрестности галактики, в которых имеется много свободных электронов, образовавшихся после взрыва. Свет, рассеянный на электронах, должен быть поляризован. В видимом диапазоне спектра ядро М 82 не наблюдается: оно закрыто пылевыми облаками, поскольку галактический диск ориентирован к наблюдателю ребром. Действительно, в ближних инфракрасных лучах (около 1 мкм), где поглощение пылью мало, нашли яркое пятно в центре М 82.

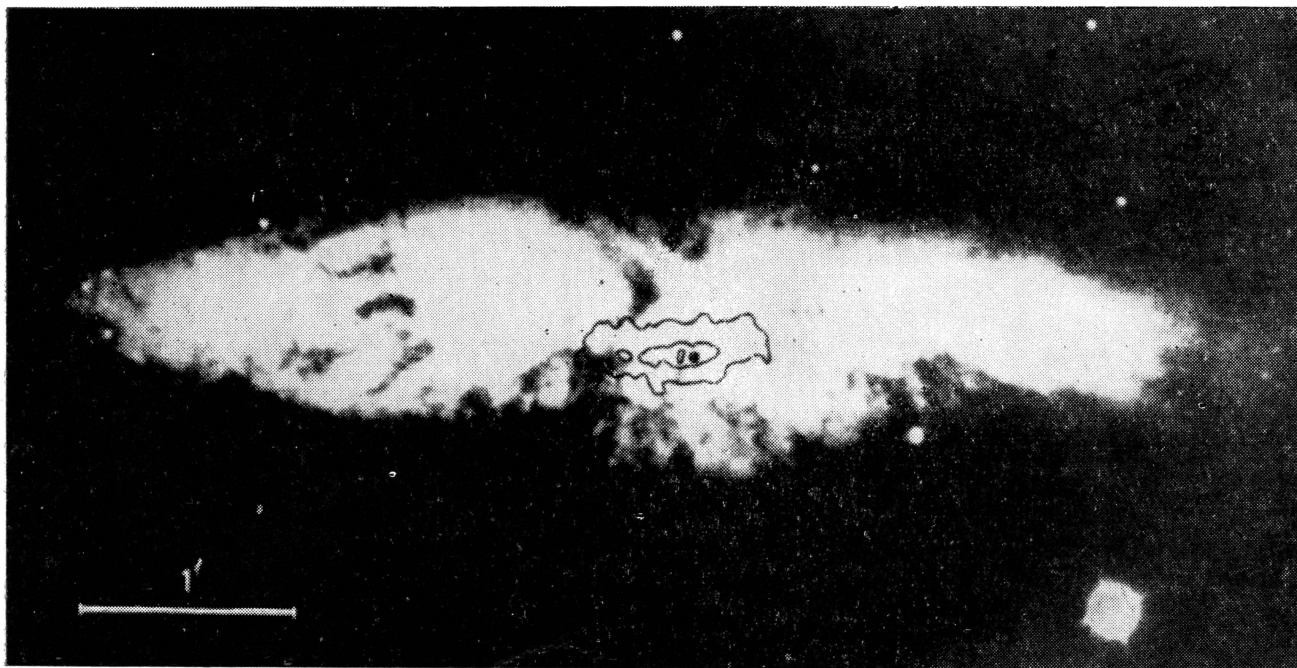
В 1971 году Р. Сандерс и Д. Бэламор критически рассмотрели гипотезу А. Солинжера. Оказалось, что ядро М 82 не подходит под определение сейфертоподобного, так как ширина линии  $H_{\alpha}$  в центре М 82 и ее волокна не превышает 10 Å, в галактиках же Сейферта она достигает 100 Å. Новые наблюдения волокон в линии  $H_{\alpha}$  обнаружили поляризацию около 25%. Согласно Солинжеру, излучение в линии  $H_{\alpha}$ , возникающее в водороде волокнистой области М 82, будет неполяризованным. Оно может стать поляризованным, если в галактике много свободных электронов. Сколько нужно электронов, чтобы увидеть рассеянный на них поляризованный свет?

Пусть светимость ядра М 82 такая же, как у ядер сейфертовских галактик. Тогда плотность электронов в галактике — около  $2 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$ , а электронная температура — порядка  $10^8 \text{ К}$ . При столь высокой температуре образуются «горячие» электроны с большими скоростями. Ширина поляризованной линии  $H_{\alpha}$ , появляющейся, если излучение центральной

области М 82 рассеивается на свободных электронах в волокнах, должна быть около 500 Å! Но спектральные наблюдения галактики не дают такой большой величины. Для «спасения» гипотезы Солинжера необходимо увеличить светимость ядра М 82 в 1000 раз, чтобы понизить электронную плотность в волокнах до  $10 \text{ см}^{-3}$ . Наблюдаемая светимость центра М 82, если учесть поглощение света пылью, меньше на два-три порядка.

Сандерс и Бэламор рассмотрели возможность поляризации линии  $H_{\alpha}$  в волокнах при рассеянии излучения на пылевых частицах. Позднее И. Мэтьюс так удачно подобрал параметры пылинок, состоящих из графита и кремния, что сумел объяснить наблюдаемую очень слабую зависимость величины поляризации от длины волны в волокнах М 82.

Как же будут двигаться газ и пыль в галактике, если линия  $H_{\alpha}$  возникает в центре М 82, а на краю наблюдается рассеянное в пылевых облаках излучение этой линии? Представим, что пылинки движутся в волокнах от центра галактики со скоростью 1000 км/с. Согласно эффекту Доплера, рассеянное ими излучение центра галактики будет смещаться в красную область спектра, то есть лучевая скорость в волокнах должна быть также 1000 км/с. Однако наблюдения волокон М 82 показывают величину лучевой скорости около 100—200 км/с. Значит, скорость пылинок (при движении их от центра) близка к параболической. Сандерс и Бэламор для объяснения наблюдаемых лучевых скоростей в волокнах М 82 (на южной стороне галактики —



к нам, на северной — от нас) предположили, что пылевые частицы выброшены из центра под углом около  $45^\circ$  к плоскости галактики со скоростью меньше 300 км/с.

В гипотезе Сандерса и Бэламора на порядок уменьшена скорость выброса частиц по сравнению с гипотезой «взрыва» Линдса и Сэндейджа и увеличена продолжительность выброса до 10 млн. лет. Кинетическая энергия газа (газ и пыль движутся вместе) равна  $4 \cdot 10^{53}$  эрг. Поток энергии излучения в видимом диапазоне спектра от центральной области галактики размером  $10 \times 10''$  составит за 10 млн. лет  $3 \cdot 10^{56}$  эрг, примерно 0,1% этой энергии перешел в кинетическую энергию газа и пыли. Таким образом, гипотеза Сандерса и Бэламора очень заманчива, поскольку объясняет явления в М 82, не привлекая экзотические механизмы освобождения энергии в ядре галактики.

■ *Галактика М 82. Показаны контуры радиодиска галактики, внутри которого находится компактный радиисточник (отмечен точкой). Наблюдения Харгрейва (Англия)*

#### «СВЕРХСКОПЛЕНИЕ» ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД

Наблюдения спектров М 82 с телевизионной аппаратурой, установленной на 5-метровом телескопе, позволили детализировать звездное население диска галактики. В ее центре находятся горячие В-звезды, а ближе к краю диска — более холодные звезды спектральных классов А—F.

С. ван ден Берг получил любопытные данные, фотографируя М 82 в инфракрасном диапазоне. Он обнаружил 12 пятен неправильной структуры в центральной части галактики. Контраст пятен увеличивается с длиной волны. Следовательно, пятна — это инфракрасные объекты, а не просветы между поглощающими облаками. По спектру центрального пятна, размер которого  $2 \times 2''$ , установили, что оно состоит из В-звезд. Средняя светимость пятна около  $2 \cdot 10^8$  солнечных, то есть каждое пятно — скопление звезд. Ван ден Берг назвал весь комплекс скоплений В-звезд в центре М 82 «сверхскоплением».

Существование горячих звезд в М 82 легко объясняет ионизацию газа в центральной области галактики.

По интенсивностям эмиссионных линий определили, что газ ионизован ультрафиолетовыми квантами. (В принципе возможны и другие причины ионизации газа, но в М 82 работает именно механизм фотоионизации.) Поставляют эти кванты горячие звезды «сверхскопления». Их излучение, кроме того, оказывает сильное световое давление на пылинки и «выбрасывает» их из центральной области галактики.

В далеком инфракрасном диапазоне (5—545 мкм) поток энергии от М 82 равен примерно  $2 \cdot 10^{44}$  эрг/с. Пока трудно объяснить большую величину потока тепловым излучением пыли, нагретой горячими звездами М 82, так как светимость «сверхскопления» в видимом диапазоне на порядок меньше инфракрасной светимости галактики. Возможно, что «сверхскопление» окружено мощными пылевыми облаками, которые уменьшают его светимость на один-два порядка.

Картина комплексного исследования галактики М 82 будет неполной, если мы не упомянем о радиоастрономических наблюдениях. Все радиоизлучение М 82 сосредоточено в

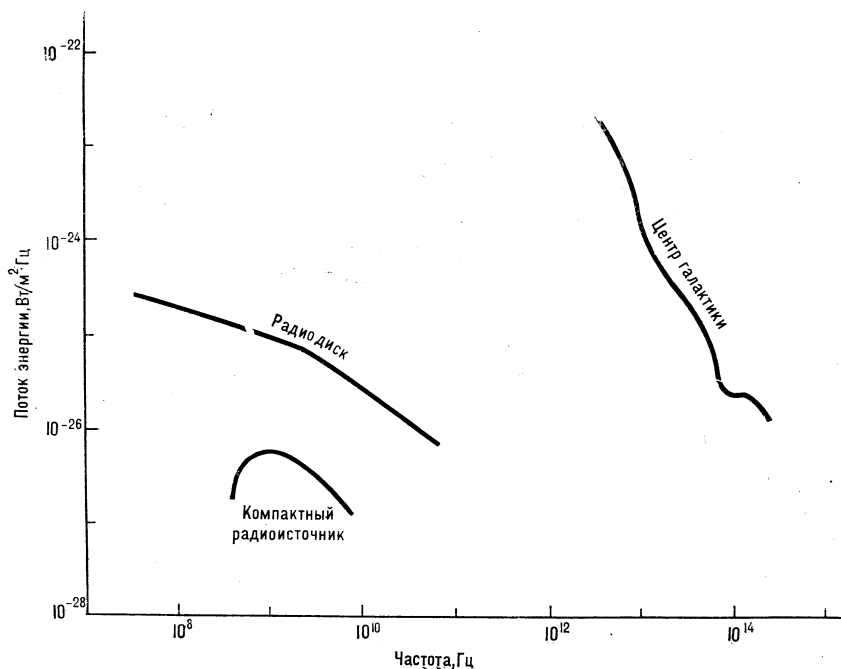
протяженной области размером  $50 \times 15''$ , вытянутой вдоль большой оси галактики. Назовем эту область радиодиском М 82, в его пределах находится компактный радиоисточник размером не больше  $0,6''$ . Из источника выбрасываются очень быстрые (релятивистские) электроны, которые проникают в радиодиск. П. Харгрейв предположил, что радиодиск — это центр повышенной активности сверхновых звезд. Однако, чтобы обеспечить наблюдаемый уровень радиоизлучения, необходим довольно быстрый темп вспышек сверхновых — одна в 30 лет.

Можно оценить и величину рентгеновского излучения М 82, зная количество релятивистских электронов и инфракрасных квантов в радиодиске. Рентгеновское излучение возникает при столкновении электронов с инфракрасными квантами (обратный Комптон-эффект). Спутник «Ухуру» зарегистрировал поток рентгеновского излучения от М 82, равный  $9 \cdot 10^{40}$  эрг/с, — величина, хорошо согласующаяся с расчетной оценкой.

## СТАРЫЕ И НОВЫЕ ВОПРОСЫ

Мы познакомились с результатами наблюдений М 82 и их интерпретацией. Но самый интересный вопрос, взрывается ли галактика М 82, пока остался без ответа. В галактике действительно наблюдается расширение газа и пыли, но происходит оно с меньшими скоростями, чем предполагает «гипотеза взрыва».

Изучение М 82 породило новые вопросы: есть ли в пространстве между М 82 и ее соседкой М 81 межгалактические облака газа и пы-



ли, возможно ли движение этих облаков между галактиками? Радиоастрономические наблюдения М 82 и М 81 в линии 21 см (ее излучает нейтральный водород) показали, что галактики погружены в общий комплекс облаков нейтрального водорода. Таким образом, имеются необходимые условия для взаимодействия М 82 с межгалактическими газом и пылью.

Возникают и другие проблемы: не наблюдаем ли мы в «сверхскоплении» М 82 процессы образования

звезд из газовой-пылевой среды и не является ли выброс газовой-пылевых облаков из центра М 82 следствием рождения горячих звезд? Не исключена возможность, что «сверхскопление» М 82 сформировалось из газовой-пылевых облаков, которые достигли центра М 82, двигаясь из окрестностей М 81.

Итак, перед наблюдателями М 82 стоят новые вопросы, ответы на которые дадут дальнейшие исследования галактики.

Спектр компактного радиоисточника, радиодиска и центральной области М 82 в инфракрасном диапазоне



## **«Летающие тарелки» — тест на интеллект**

Последнее время в редакцию нашего журнала поступают письма, авторы которых интересуются тем, как относятся ученые к сенсационным сообщениям о появлении неопознанных летающих объектов («летающие тарелки», «летающие блюдца»). «Земля и Вселенная» уже обращалась к этой теме. В частности, в № 3 1966 года был опубликован научно-фантастический рассказ доктора геолого-минералогических наук Б. А. Петрушевского «В первый час Нового года», в № 3 1968 года редакция поместила перевод статьи известного американского астронома и профессора физики Маркветтского университета (штат Висконсин) В. Марковица «Физика и метафизика неопознанных летающих объектов», в которой с позиций физики дается критический анализ сведений о «летающих тарелках».

В публикуемой ниже статье показывается, что нет никаких научных данных, оправдывающих новую волну интереса к «летающим блюдцам».

В 1254 году в небе Англии «видели» элегантной формы корабль удивительного цвета. В 1800 году в Миссисипи уважаемый ученый У. Данбар сообщил, что он «наблюдал» летящий дом. В 1885 году в Адрианополе (Турция) был «замечен» сверкающий красный корабль сигаровидной формы. В 1947 году пассажиры, находившиеся на борту парохода, шедшего от побережья Кении, «обнаружили» сверкающий корабль. Он был похож на дирижабль и имел более 300 м в длину. Корабль бесшумно парил в воздухе. В 1957 году ночью над Бразилией мимо грузового самолета очень близко пронесся красноватый предмет. В 1965 году в Претории (Южная Африка) два полицейских офицера утверждали, что на безлюдном отрезке шоссе при повороте они едва не столкнулись с диском медного цвета, который резко взмыл в небо. Диск имел диаметр примерно 10 м.

В форме тарелки или в виде дома, продолговатые или круглые, красноватые или блестящие, парящие или резко взмывающие вверх, 10 м в диаметре или 300 м в длину — таковы типичные описания этих непонятных объектов, приведенные нами из книги «Полемика о НЛО в Америке» Д. Джейкобса, опубликованной в 1975 году. Большинство из них в конце концов были опознаны: некоторые оказались нелетающими, а другие — даже и не предметами. Но поскольку эти вопросы занимали умы миллионов людей, особенно в Соединенных Штатах Америки, в 1968 году была создана специальная правительственная комиссия США. Эта комиссия, составленная из ученых и представителей военной авиации, за-

нималась проверкой слухов о «летающих блюдцах» или «летающих тарелках», слухов, которые в некоторых американских кругах приобрели черты необузданной сенсации. Комиссия занималась «неопознанными летающими объектами»\* (так они были названы в целях максимальной объективности) долго и тщательно, рассмотрела многие сотни случаев, дошедших до нее, и констатировала: «Мы единодушны в мнении, что было проведено заслуживающее всяческой похвалы мероприятие, в котором была объективно применена научная техника, подходящая для решения вопроса о «неопознанных летающих объектах». Основываясь на современных сведениях, можно сказать, что наименее правдоподобным объяснением «неопознанных летающих объектов» является гипотеза посещения Земли разумными внеземными существами» («Земля и Вселенная», № 3, 1970, с. 14).

Казалось бы, после столь авторитетного заключения слухи подобного рода должны были потерять свою привлекательность. Но этого не случилось. Число сообщений в печати о НЛО не уменьшилось. Еще раньше в попытке обуздать этот поток легких историй (анекдотов?) известный американский ученый Д. Мензел написал популярную книгу «О «летающих тарелках» (М., «Иностранная литература», 1962), разоблачающую все вздорные объяснения наблюдавшихся, а иногда и не наблюдавшихся явлений. Но в широких американских

\* По-английски, Unidentified Flying Objects, или сокращенно UFO. Мы будем называть тоже сокращенно — НЛО.



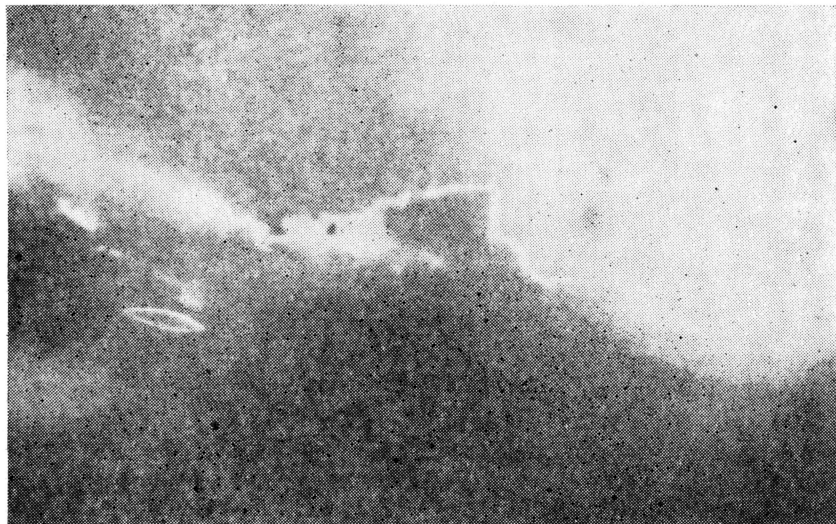
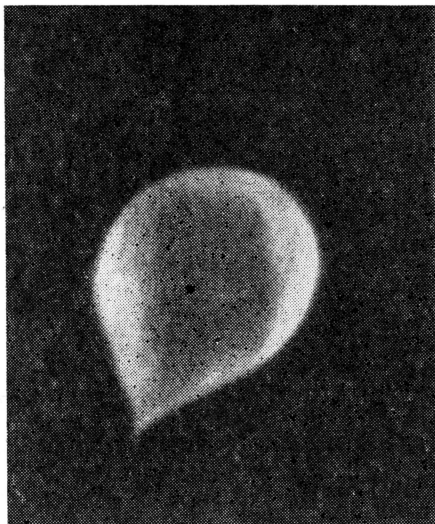
кругах эта умная книга не произвела желаемого впечатления. Незадолго до своей смерти профессор Мензел написал новый вариант книги. Будем надеяться, что она достигнет поставлен-

ной цели. Но ведь читателей у таких книг не так уж много! Гораздо больше тех, кто о ней ничего не узнает, зато будет читать все новые броские сообщения газет и журналов, безого-

ворочно веря им. Зарубежная пресса, как мы знаем, не всегда бывает щепетильна по части достоверности сообщаемых фактов. Конечно, в калейдоскопе политических известий тот или иной факт живет лишь несколько дней и легко забывается, если он не касается событий, из ряда вон выходящих. Но «летающее блюдо» — событие экстраординарное, а главное — простое и всем понятное. О нем можно рассказать соседу и соседке, за праздничным столом и на работе, в автобусе и на рынке. И так соблазнительно приукрасить сообщение собственными домыслами: я сам видел в прошлом году, или академик такой-то...! Но это, — так сказать, невинная сторона дела. Гораздо хуже выглядят те, которые видят в подобной «информации» средство выдвинуться, подняться выше среднего уровня, но не интеллектуальными или моральными заслугами, а самой дешевой ценой.

Если репортер сообщает в газету рассказанные ему слухи о появившемся НЛО, а газета печатает его сообщение, то за этим стоит не что иное, как коммерческий расчет, зарплата, тираж. Газета приобретает известность, репортер тоже, а тот, кто первый заговорил о «блюде» или «тарелке», приобретает славу среди лиц, его знающих, а может быть, и незнакомых. Потом с пропагандой НЛО выступают уже авторы брошюр, книг, кинофильмов. О них читают лекции — все это в погоне за славой, а впереди маячит тот же гонорар.

Слава эта в известной степени подобна славе Герострата, потому что в широких кругах разрушается уважение к науке, к ее добытым огромным



трудом результатам. Ведь в сообщениях о НЛО нет ничего конструктивного, творческого. Таких ниспровергателей науки слишком много, да и не в одной только области НЛО!

Вся эта шумиха с НЛО ядовито охарактеризована известным (и превосходным) английским писателем-фантастом А. Кларком в рецензии для газеты «Нью-Йорк Таймс»: «НЛО не говорят нам абсолютно ничего об интеллекте где-нибудь в другом месте Вселенной, но они доказывают, как мало интеллекта на Земле».

А в популярном журнале «Меркурий», издаваемом Тихоокеанским астрономическим обществом, один из его редакторов так характеризует этот мутный поток неоправданных сенсаций: «Последний десяток, или около того, лет был временем большой путаницы и сомнений в нашей стране. Многие старые ценности ускользнули, а взамен пришло мало нового. В подобные времена публика (особенно молодежь) гораздо легче становится жертвой соблазна со стороны философий или группок, обещающих легкие ответы на трудные вопросы. В то же время последнее десятилетие освободило от иллюзий в ряде приложений научных исследований, поэтому не следует удивляться тому, что многие обернулись в направлении антинаучном (или, по крайней мере, стали подвергать сомнению устоявшиеся научные убеждения)» \*.

*Шар-зонд (слева) и линзообразное облако (справа), которые были приняты за летающие тарелки (Д. Мензел «О летающих тарелках». М., «Иностранная литература», 1962)*

рономическим обществом, один из его редакторов так характеризует этот мутный поток неоправданных сенсаций: «Последний десяток, или около того, лет был временем большой путаницы и сомнений в нашей стране. Многие старые ценности ускользнули, а взамен пришло мало нового. В подобные времена публика (особенно молодежь) гораздо легче становится жертвой соблазна со стороны философий или группок, обещающих легкие ответы на трудные вопросы. В то же время последнее десятилетие освободило от иллюзий в ряде приложений научных исследований, поэтому не следует удивляться тому, что многие обернулись в направлении антинаучном (или, по крайней мере, стали подвергать сомнению устоявшиеся научные убеждения)» \*.

\* Andrew Fraknoi «Debrinking pseudo-sciences» («Разоблачение псевдонауки»). «Mercury», № 6, 1975.

В нашей стране слухи о «виденных» НЛО не выносятся на страницы печати (хотя мелкие промахи и у нас бывают), так что те, кто, прельстившись американской шумихой, распускают сплетни о НЛО или читают «лекции» в узкой аудитории, которые остаются вне поля зрения ученых, оказываются в не столь выгодном положении, как их американские «коллеги». Но все же какой-то успех у нашей читающей и нечитающей публики они имеют. То, что именно сейчас у нас наблюдается заметное оживление слухов о НЛО, заставило меня взяться за перо.

Ни разу НЛО не являлись астрономам или другим ученым, способным критически отнестись к происходящему. Но это обстоятельство «верующих» в НЛО мало смущает. Они задают вопросы после лекций. Нечто подобное проникает даже на телевидение. Многие слышали и видели про-

грамму «Очевидное — невероятное», которую вел профессор С. П. Капица по поводу «Бермудского треугольника» (тоже своего рода НЛО), в которой ему пришлось бороться с предубежденным выступлением о существовании непостижимых явлений и «сил», действующих в этом треугольнике. Эти явления и объяснение их таинственными силами не только не проверены научно-объективными методами, но прямо противоположны фактам (см. статью академика Л. М. Бреховских в газете «Правда» за 5 декабря 1976 года). Тем не менее легенда о «Бермудском треугольнике» бытует в некоторых кругах летчиков, моряков, а от них — и в менее профессиональных кругах («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 83—86. — Ред.).

В наше время и в нашей стране ссылаться на деятельность сверхъестественных сил, тем более на божественное вмешательство, нельзя — не поверят. Другое дело сослаться на необъяснимые современной физикой и астрономией причины. Это уже похоже на правду. Но эта «правда» влечет за собой лишние почвы толкования, которые перерастают в столь же беспочвенные суеверия. «Идеология» суеверий покоится на том, что случайное единичное и повторное совпадение двух каких-либо событий трактуется как причинно-связанное. При этом не делается попытка многократными наблюдениями проверить, закономерно ли наблюдавшееся совпадение. Так рождаются приметы, допускающие вмешательство потусторонних сил. В леших и домовых сейчас никто не верит, но ведь НЛО — это те же домовые, только XX века!

Известный планетовед и талантливый

популяризатор астрономии профессор К. Саган так высказывается по поводу подобных вариантов вненаучного мышления: «Фон Дэникен говорит, что нас посещали; верующие в НЛО говорят, что нас посещают; религиозные верующие говорят, что нас вот-вот посетят! И я не уверен, есть ли большая разница между этими тремя точками зрения» \*

Упоминая о прошлом, он имеет в виду всевозможные домыслы о непонятных сооружениях, дошедших до нас из прошлого и которые послужили основой для сюжета кинофильма Дэникена «Воспоминания о будущем». Говоря о настоящем, Саган имеет в виду НЛО, а о будущем — религиозные предсказания о «Втором пришествии», о «Страшном суде» и т. п. Как видим, все три варианта сводятся им к одному. И совершенно справедливо. Только их возникновение относится к разной степени недостаточности интеллекта, о которой так кстати сказал А. Кларк и которую человечество преодолевает на протяжении веков с трудом, как об этом свидетельствует вся мифология о «летающих блюдцах».

А чего стоит столь распространенное на Западе доверие к астрологии! Ее истоки — в очень отдаленном прошлом, когда человечество не вышло еще из пеленок в своем духовном развитии и видело вокруг себя природу, переполненную враждебными силами. Основной житейский опыт общения человека с окружающим миром сохранялся в приметах и в богатом своде правил практической

деятельности, передаваемых от родителей к детям. То, что оказывалось вне этого опыта, отдавалось на откуп таинственным силам, проявлявшим себя в грозных природных явлениях и в небесных знамениях, пугающих и непонятных, — в солнечных и лунных затмениях, в сочетаниях звезд и блуждающих среди них планет. Закономерности движения планет не были известны, а потому казалось, что блуждания их хотя и произвольны, но обязательно отражают все превращения человеческого существования. Нашлись истолкователи небесных событий. То были жрецы — служители религиозных культов, которые малопомалу накопили значительное число фактов и открыли ряд закономерностей, положенных в основу развившейся позже астрономии. А пока это была только астрология. Она имела такое же сходство с наукой, как ремесло кузнеца бронзового века с профессией сталевара, работающего на современном металлургическом заводе.

Сегодня никому не придет в голову, пренебрегая достижениями науки и техники, выдавать за передовую технологию третьего тысячелетия до нашей эры. А в своих суевериях доверчивые люди — наши современники — часто идут именно по такому пути. Они обращаются за советом, предсказанием к астрологам XX века, веря в их знания, в их компетентность. Между тем уже три столетия прошло с тех пор, как астрология окончательно перешла в категорию лженауки. Современные астрологи уже не ведут наблюдений за небесными явлениями, как это делали египетские и вавилонские жрецы.

\* «Mercury», № 6, 1975.



Они даже не смотрят на небо. Зачем? Если уж ссылаться на небесные события, на созвездия и планеты, так в любом астрономическом ежегоднике все это расписано на много лет вперед. А если нужно, астроном вычислит картину неба и на тысячелетия вперед. Неизмеримо далеко в познании мира продвинулась вперед настоящая наука — астрономия, которая показала нам невообразимую огромность окружающей нас Вселенной и ее полного «безразличия» к судьбе отдельного человека.

Представители этой науки отдают себе ясный отчет в том, что для установления контактов с другими разумными существами во Вселенной нужны труды тысяч ученых и инженеров и сотен тысяч рабочих. Нужно огром-

ное усовершенствование современной техники радиосвязи, средств радиоастрономии, нужны затраты грандиозных количеств энергии и проявление творческого ума в масштабах, которые доступны лишь идейному и технологическому уровню человечества XX или, скорее, XXI века, а может быть, недоступны и ему... \*

В пределах Солнечной системы — мы это знаем точно — нигде больше нет разумной жизни, кроме как на Земле, а ожидать вторжения со стороны обитателей иных планетных систем — систем, принадлежащих другим звездам, на сегодняшний день нет достаточных оснований.

\* См. например, «Поиски» братьев по разуму». «За рубежом», № 3, 1977.

Наше социалистическое общество ограждает себя и от шарлатанов-астрологов, и от распространения низкопробных «свидетельств» о посещениях инопланетянами нашей Земли. Это — одно из многочисленных завоеваний Октябрьской революции, освободившей нас от религиозных предрассудков и давшей нашей стране такой уровень образованности, при котором люди, распускающие слухи о НЛО, не могут рассчитывать на успех. Но легковверные всегда находятся. Их-то и можно увлечь занимательными сказками. — И только. Я глубоко убежден в том, что большинство, включая и тех, кто рассказывает о «виденных» ими «летающих тарелках», не верит в их существование.

## НОВЫЕ КНИГИ

### ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОСМОНАВТИКИ

В 1977 году издательство «Мысль» выпустило книгу доктора философских наук, профессора А. Д. Урсула «Человечество, Земля, Вселенная».

В первой главе книги «О философском подходе к проблемам космонавтики» рассматривается «космическая направленность» мышления К. Э. Циолковского; принципы, особенности и аспекты философского подхода к проблемам космонавтики.

Вторая глава «Космонавтика и космизация человеческой деятельности» посвящена философско-методологическим вопросам (понятие «космизация», воздействие космонавтики на

различные виды деятельности человечества, место космонавтики в современной научно-технической революции).

Третья глава «Геокосмический характер взаимодействия природы и общества» показывает роль космонавтики в проблеме взаимодействия природы и общества. Здесь раскрываются экологические перспективы космонавтики и формулируется концепция «антропогеокозмизма». Рассматривая непрерывно возрастающее значение освоения космоса с целью познания нашей планеты, автор приходит к выводу о том, что антропогеокозмизм представляет собой «новый системный принцип мировоззрения и современной космической деятельности».

Четвертая глава «Мировоззрение и космонавтика» показывает взаимосвязь космонавтики и мировоззрения, значение мировоззрения в возникновении и развитии космонавтики.

«Космические черты социальной формы движения» — название пятой главы книги А. Д. Урсула. В этой главе обсуждается возможность превращения земной цивилизации в космическую и общая проблема внеземных цивилизаций.

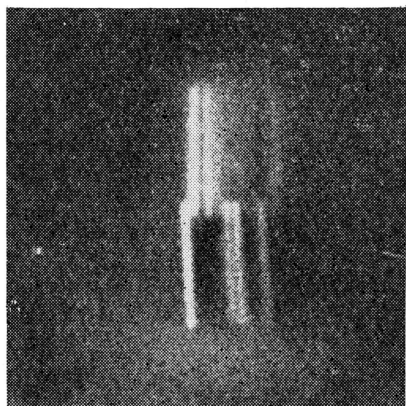
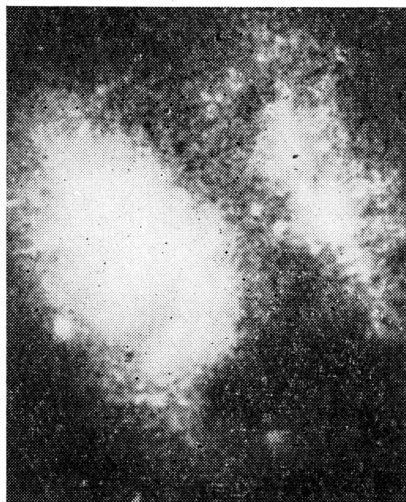
Большой диапазон затрагиваемых в книге вопросов привлечет к ней внимание не только специалистов, но и достаточно широкий круг читателей.



## Валерьян Иванович Красовский (в 70-летию со дня рождения)

Имя Валерьяна Ивановича Красовского стало известно широким кругам отечественных и зарубежных астрономов в начале 50-х годов. Именно в это время на Симеизской обсерватории была выполнена работа, воздействие которой на советскую и мировую астрономию трудно переоценить. В. И. Красовский вместе с А. А. Калиняком и В. Б. Никоновым получили первые снимки центральной конденсации Млечного Пути. Центр Галактики закрыт от исследователей мощными пылевыми облаками, которые поглощают видимое излучение. Поэтому все, что знали тогда астрономы о галактическом центре, было основано на противоречивых и ненадежных фотометрических оценках. Присоединив к весьма скромному телескопу приемник инфракрасных изображений — электронно-оптический преобразователь (ЭОП), В. И. Красовский, А. А. Калиняк и В. Б. Никонов получили инфракрасные снимки, пригодные не только для визуального исследования, но и для количественной обработки. С этой же инфракрасной техникой В. И. Красовский получил и спектры свечения ночного неба до длин волн 11 000—12 000 Å («Земля и Вселенная», № 3, 1968, с. 42—52.— Ред.).

На Симеизской обсерватории, пожалуй, впервые в мировой астрономической практике ЭОПы были использованы для фотографирования и спектрографирования достаточно слабых объектов, и путь В. И. Красовского к этому исследованию не был случаен. Посвятив предвоенное десятилетие разработке и усовершенствованию вакуумных приемников изображения, он ясно видел перспективы



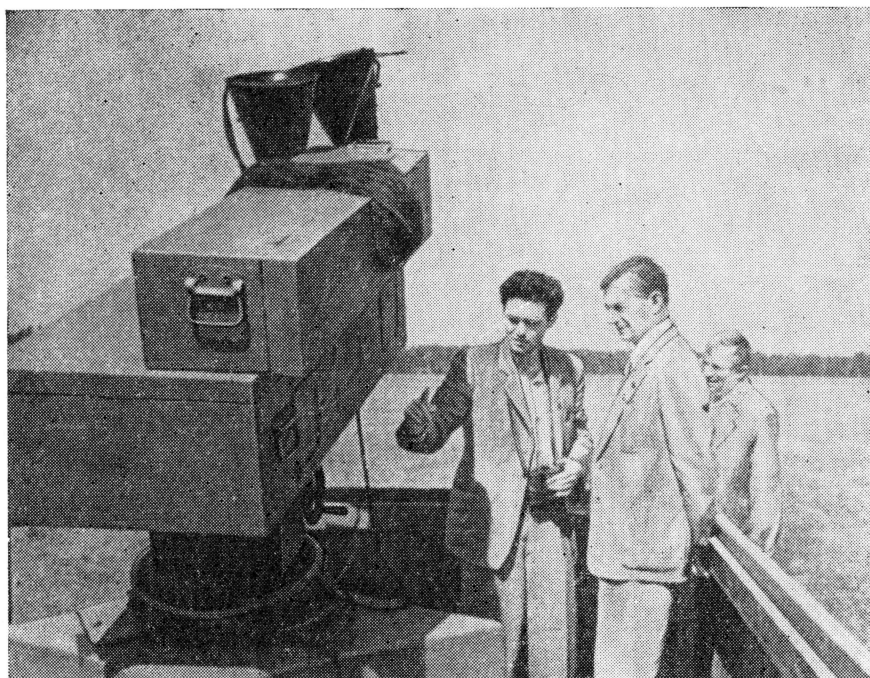
■ Инфракрасный снимок области галактического центра, сделанный в 1948 году с помощью электронно-оптического преобразователя. На снимке видны две половины центральной конденсации нашей Галактики

■ Один из первых инфракрасных спектров ночного неба, полученный В. И. Красовским в 1949 году. Внизу дан спектр сравнения

новой техники в астрономии, которой интересовался давно и глубоко.

Еще в 1951 году В. И. Красовский писал, что в астрономических исследованиях электронно-оптический преобразователь «в сочетании, например, с вторичноэлектронным умножением и низкотемпературным охлаждением позволяет принципиально довести чувствительность фотографического метода до счета фотонов. Какова бы ни была предлагаемая система усиления, она в конечном счете может привести к тому, что каждый вызванный фотоэлектроном импульс тока будет создавать на фотографическом слое проявленное пятно» («Доклады Академии наук СССР», 78, 427, 1951). Даже через 15 лет, в начале 70-х годов, подобная система не была создана, впервые она описана лишь в 1972 году, причем фотоэмульсию заменила память ЭВМ.

Но вернемся к середине 50-х годов. Полученные с помощью инфракрасных ЭОПов результаты стимулировали интерес к новой технике за рубежом: Международный астрономический союз образовал подкомиссию, США — Национальный комитет по астрономическому применению ЭОПов. Работы в этом направлении не были прекращены и в нашей стране. В 1958 году по инициативе В. И. Красовского был создан контактный ЭОП, специально предназначенный для спектроскопии и интерферометрии. Прибор эффективно усиливал изображение и в видимой области спектра. Предложенная тогда В. И. Красовским ориентация на астро-спектроскопию оказалась правильной, хотя у занимавшегося этой работой автора статьи мнение было противо-



положным. По-видимому, в какой-то степени предвидеть результат еще не выполненного исследования — одно из обязательных качеств хорошего научного руководителя.

Примерно в тот же период В. И. Красовский серьезно заинтересовался аэрономией — наукой о верхней атмосфере. Его труды немало способствовали становлению этой отрасли геофизики в нашей стране. Отлично понимая роль хорошо подготовлен-

ных исследователей и современной аппаратуры в разработке новых проблем, В. И. Красовский начал с решения этих двух задач.

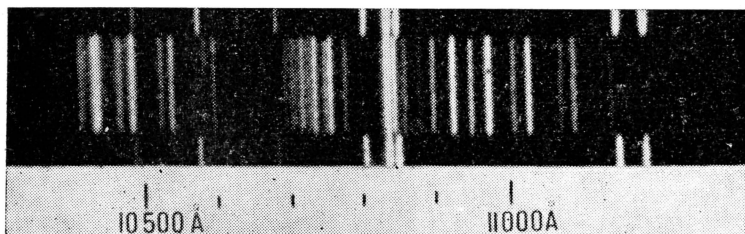
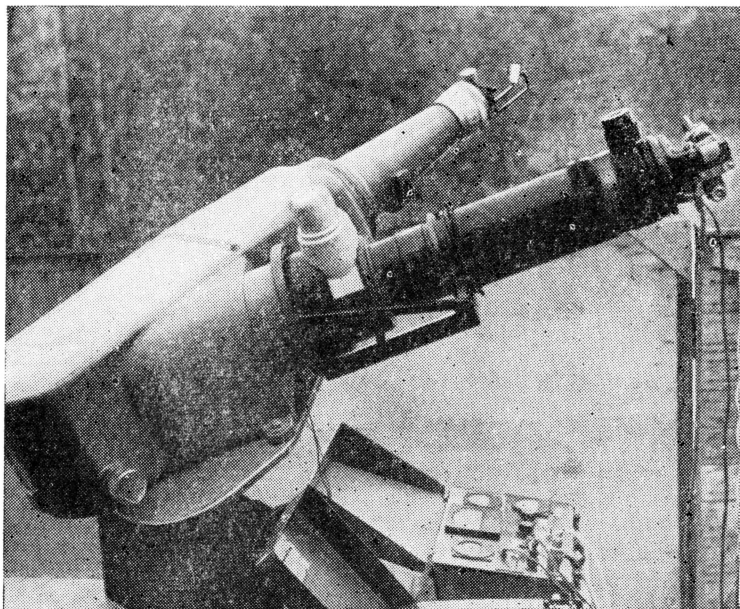
К Международному геофизическому году (1957—1959) по заданию В. И. Красовского в Государственном оптическом институте были построены спектрографы СП-48, СП-49 и СП-50, перекрывающие диапазон длин волн от 3000 до 12 000 Å. Эти приборы обладают достаточно светосильными камерами и дисперсией около 100 Å на 1 мм. Удобные в обращении, надежные и транспортабельные, они до сих пор используются в отечественной службе свечения ночного неба.

Стремясь подготовить хорошие

кадры исследователей, В. И. Красовский увлек геофизическими проблемами довольно многих выпускников астрономического отделения Московского университета. (Думаю, они и сейчас не жалеют об ограничении сферы своей деятельности внешними границами земной магнитосферы.) Во время Международного геофизического года в значительной степени силами этих исследователей в тесной кооперации с геофизическими учреждениями и астрономическими обсерваториями было начато комплексное изучение верхней атмосферы в полярных и средних широтах всеми известными методами. Спектроскопия, радиолокация, электрофотометрия и эталоны Фабри — Перо давали взаимно дополняющую информацию о той области атмосферы, которая тогда была изучена гораздо хуже, чем, скажем, межзвездная среда... На регулярно проходивших все-союзных совещаниях по исследованию свечения ночного неба и полярных сияний ученые искали и находили общую точку зрения на физические условия в околоземном пространстве, которое 4 октября 1957 года превратилось в арену космических исследований.

Коллектив отдела верхней атмосферы Института физики атмосферы АН СССР, возглавляемый по сей день В. И. Красовским, был готов к началу внеатмосферных исследований. На высотных ракетах и первых искусственных спутниках Земли была установлена созданная под руководством В. И. Красовского аппаратура, которая регистрировала потоки заряженных частиц. В дальнейшем эта работа привела к появлению первых

■  
*У спектрографа Звенигородской наблюдательной станции (слева направо): Ю. И. Гальперин, английский геофизик С. Чепмен и В. И. Красовский (1958 г.)*



**■** Инфракрасный спектрограф СП-50, на котором наблюдается свечение ночного неба

**■** Инфракрасный спектр ночного неба, полученный на спектрографе СП-50 с контактным электронно-оптическим преобразователем. Линии в спектре принадлежат в основном гидроксилу

спутников серии «Космос» для геофизических исследований, за ее выполнение В. И. Красовский награжден орденом Трудового Красного Знамени. Президиум Академии наук СССР присудил ему памятные медали «В честь запуска в Советском Союзе третьего в мире искусственного спутника Земли» и «В честь первого в

мире полета советского человека в космос».

В последние годы руководимый В. И. Красовским коллектив начал разработку идеи о волнообразных изменениях температуры верхней атмосферы. Исследование подобных явлений, столь важное для понимания процессов в верхней атмосфере, имеет немалое прикладное значение. И опять потребовались создание новой высокочувствительной аппаратуры, на этот раз быстродействующей, подготовка специалистов, координация наблюдений на разных обсерваториях.

14 июня 1977 года В. И. Красовскому исполнилось 70 лет. Все работавшие в то или иное время с Валерьяном Ивановичем, не могли не оценить его глубокую эрудицию и активный, наступательный характер мышления, его колоссальный опыт экспериментатора и стремление к синтезу и обобщению результатов, его требование научной строгости и желание дать начинающему исследователю свободу выбора наиболее интересного направления. Международное признание работ школы В. И. Красовского — еще одно свидетельство эффективности его научной деятельности.

**Доктор физико-математических наук  
П. В. ЩЕГЛОВ**





## Алексей Дмитриевич Добровольский

(к 70-летию со дня рождения)

Многим советским и зарубежным океанологам, географам и геофизикам известно имя лауреата Государственной премии, доктора географических наук, профессора Алексея Дмитриевича Добровольского. Он одним из первых в нашей стране получил специальность инженера-гидролога моря и стал первым мореведом с высшим океанологическим образованием.

Молодой специалист был направлен на работу в Гидрометеорологический институт Черного и Азовского морей в Феодосии. Однако его научная деятельность началась не в тихом кабинете на берегу теплого моря, а в морских арктических экспедициях. В 1932 году А. Д. Добровольский участвовал в замечательном плавании на парусно-моторном боте «Н. Книпович», впервые обогнувшем с севера Землю Франца-Иосифа. Руководил этой экспедицией крупнейший советский океанолог профессор Н. Н. Зубов. Алексей Дмитриевич увлекательно описал легендарный рейс в очерке «Вокруг Земли Франца-Иосифа», который был опубликован в сборнике «Русские мореплаватели» (М., Воениздат, 1953).

После возвращения из плавания А. Д. Добровольский активно занимается исследованием Черного и Азовского морей. До настоящего времени не потеряла своего значения составленная и проанализированная им динамическая карта восточной части Черного моря.

В 1932 году в Феодосии началась и преподавательская деятельность А. Д. Добровольского. В 1934—1941 годах он — преподаватель Московского гидрометеорологического инсти-



тута, где под руководством профессора Н. Н. Зубова принимает участие в создании первой в нашей стране кафедры океанологии. Одновременно А. Д. Добровольский ведет научную работу, совершает экспедиционные плавания по арктическим морям. Он был участником сквозного рейса Архангельск — Владивосток на ледокольном пароходе «Малыгин» в 1933

году. В результате появляются его статьи по гидрологии морей Карского и Лаптевых. Довоенный цикл работ А. Д. Добровольского завершается кандидатской диссертацией на тему «Распространение атлантических вод в Центральном Арктическом бассейне». Это исследование позволяло оценить роль теплой атлантической прослойки в гидрологии Северного Ледовитого океана и его окраинных морей.

В годы Великой Отечественной войны Алексей Дмитриевич — доцент кафедры океанологии Высшего военного гидрометеорологического института, где готовились кадры для действующей Армии и Военно-Мор-

*Профессора Московского университета Н. Н. Зубов, А. Д. Добровольский и декан географического факультета профессор А. М. Рябчиков на заседании, посвященном 75-летию юбилею Н. Н. Зубова (1960 г.)*



ского Флота. После перевода в 1944 году этого института в Ленинград А. Д. Добровольский переходит на работу в Институт океанологии АН СССР, а с 1945 года преподает на географическом факультете Московского университета.

В первые послевоенные годы А. Д. Добровольский завершил большой труд «Водные массы северной части Тихого океана», который он в 1948 году защитил как докторскую диссертацию. А. Д. Добровольский дал наиболее полное определение понятия «водная масса», существенно пополнил методику анализа водных масс океана, исследовал распределение температуры и солености воды в обширном географическом регионе Тихого океана.

Интерес к теоретическим исследованиям не мешает А. Д. Добровольскому активно участвовать в экспедиционных работах. Много сил и энергии отдал он организации первых экспедиций на флагмане, а теперь уже ветеране советского научно-исследовательского флота — судне «Витязь». На «Витязе» разрабатывалась методика комплексных океанологических исследований, здесь формировалась современная школа исследователей Мирового океана, унаследовавшая лучшие традиции Плавморнина. Результаты экспедиций «Витязя» получили высокую оценку. В 1951 году группе ученых, в том числе и А. Д. Добровольскому, за океанологические исследования была присуждена Государственная премия.

Регулярное участие в экспедициях и руководство отделом физической океанологии в Институте океанологии А. Д. Добровольский сочетает с

педагогической работой на географическом факультете университета. С 1949 года он читает специальные курсы для группы студентов-океанологов. Студенты этой группы первыми получили специальность океанолога на географическом факультете, а профессора Н. Н. Зубов и А. Д. Добровольский были первыми воспитателями и наставниками будущих географов-океанологов. В 1953 году на географическом факультете создается кафедра океанологии. Более 20 лет этой кафедрой бессменно заведует А. Д. Добровольский. Богатый опыт исследовательской и экспедиционной работы он щедро передает молодежи. В лекциях Алексей Дмитриевич использует и материалы собственных научных работ. Ведь он участвовал в экспедиционных плаваниях почти во всех морях, омывающих берега нашей страны. Обобщением его многолетних исследований стал специальный курс «Моря СССР», который А. Д. Добровольский читает студентам кафедры океанологии.

Как опытный педагог А. Д. Добровольский в воспитательных целях умело использует историю океанологической науки. Его перу принадлежат несколько интересных работ, например «С. О. Макаров — путешественник и океанограф» (1948) и «Фритюф Нансен — выдающийся полярный исследователь» (1956).

А. Д. Добровольский не только автор более 100 научных работ, но и научный редактор многих отечественных и зарубежных монографий по океанологии. Более 20 книг вышло под его редакцией, среди них «Общая океанология» Г. Дитриха и К. Калле, «Гольфстрим» Г. Стомелла,

«Приливы» Дж. Дарвина. Он — ответственный редактор тома «Гидрология Тихого океана» многотомной монографии «Тихий океан» — капитального труда, обобщившего результаты многолетних комплексных исследований этой части Мирового океана.

За 45 лет научно-исследовательской и педагогической деятельности А. Д. Добровольский подготовил более 500 специалистов-океанологов. Примерно 10 из них защитили докторскую диссертацию и более 50 — кандидатскую. Его вклад в науку и в дело подготовки специалистов-океанологов по заслугам оценен Родиной. А. Д. Добровольский награжден орденом «Знак Почета» и несколькими медалями. Ему присвоено звание «Почетный полярник».

Как один из ведущих ученых-океанологов А. Д. Добровольский был членом советской делегации на I Океанографическом конгрессе в Нью-Йорке (1959 г.) и представлял нашу страну на первой сессии Межправительственной океанографической комиссии в Париже (1961 г.).

Свое 70-летие Алексей Дмитриевич встречает на трудовом посту заведующего кафедрой океанологии Московского университета. Он вложил много сил в ее создание, становление и развитие. Успехи кафедры океанологии во многом обязаны личным качествам Алексея Дмитриевича — его глубокому уму, большой научной эрудиции, широте взглядов, доброжелательному, мягкому и тонкому природному юмору, что высоко ценят все, кто знает А. Д. Добровольского.

Кандидат географических наук  
Б. С. ЗАЛОГИН

## ВЕЧЕР ПАМЯТИ А. Л. ЧИЖЕВСКОГО

9 февраля 1977 года в Политехническом музее состоялся вечер, посвященный памяти профессора А. Л. Чижевского. Вечер, приуроченный к 80-летию со дня рождения ученого, открыл кандидат философских наук Л. В. Голованов. Он рассказал о жизненном и творческом пути Александра Леонидовича Чижевского.

А. Л. Чижевский не сразу стал испытателем природы. В 25 лет доктор всеобщей истории А. Л. Чижевский преподавал в Московском университете и в Московском археологическом институте. Одновременно он продолжал свое образование на физико-математическом и медицинском факультетах университета, а затем приступил к исследовательской работе под руководством известного биофизика академика П. П. Лазарева. Александр Леонидович заинтересовался влиянием космических факторов на земные процессы. Его точка зрения на мир «...и человек, и микроб — существа не только земные, но и космические», выработанная на основе изучения большого статистического материала о влиянии солнечной активности на динамику биосферы, подтверждается теперь новыми данными.

В своем выступлении на вечере академик Б. М. Кедров подчеркнул, что А. Л. Чижевский принадлежал к тому сравнительно немногочисленному типу ученых, которые смело выходят за рамки собственных исследований и видят связи с другими областями, перебрасывают мосты, находят переходы между явлениями, изучают их во всесторонней обусловленности, в живом синтезе. Обладая большой естественнонаучной и философской культурой, А. Л. Чижевский мог ориентироваться в различных областях знаний. Президент московского Общества испытателей природы, академик А. Л. Яншин отметил, что в своих основополагающих исследованиях солнечно-земных связей ученый широко применял методы статистики, умело использовал дан-



ные астрофизики, геофизики, биологи, медицины.

Доктор биологических наук П. А. Коржуев познакомил собравшихся с исследованиями А. Л. Чижевского в области медицины. Он открыл благотворное действие отрицательной ионизации воздуха на организм человека и предложил практическое решение вопроса искусственного создания целебной атмосферы (насыщенной аэроионами) в закрытых помещениях. В 1961 году ВЦСПС вынес специальное постановление о внедрении на предприятиях аэроиогенератора А. Л. Чижевского как мощного средства повышения сопротивляемости организма.

Александр Леонидович Чижевский  
(1897—1964)

Доктор медицинских наук В. В. Городилова подчеркнула важность исследовавшегося А. Л. Чижевским механизма воздействия солнечной активности на сердечно-сосудистую систему человека. Идеи А. Л. Чижевского об астрономической медицинской службе, высказанные еще в 30-е годы, теперь плодотворно развиваются. Например, состояние солнечной активности учитывается в лечебной и профилактической практике Научно-исследовательского онкологического института имени П. А. Герцена.

О своих встречах с Александром Леонидовичем рассказал член-корреспондент АН СССР В. В. Федынский. «Поражала не только огромная энергия и широта взглядов ученого, — отметил В. В. Федынский, — но и глубокая человечность, мудрость, отсутствие предвзятости, смелость мысли». На вечере были зачитаны телеграммы академика О. Г. Газенко и академика А. И. Берга, присланные ими в связи с 80-летием А. Л. Чижевского.

Работы А. Л. Чижевского в области биологии и медицины, признанные не только в нашей стране, но и за рубежом (он был членом более 30 академий и научных обществ Европы, Азии и Америки), сыграли важную роль в прогрессе этих наук. А новые данные развивают, дополняют и уточняют идеи ученого.

Э. К. СОЛОМАТИНА





## Пленум Центрального совета ВАГО

С 21 по 23 февраля 1977 года в Москве состоялся второй пленум Центрального совета Всесоюзного астрономо-геодезического общества шестого созыва. На пленуме был заслушан и обсужден отчетный доклад президиума Центрального совета о работе общества за истекший 1976 год. С отчетным докладом выступил вице-президент ВАГО профессор Л. С. Хренов.

В 1976 году — первом году десятилетия — вся деятельность Всесоюзного астрономо-геодезического общества была направлена на выполнение решений XXV съезда КПСС и постановлений шестого съезда ВАГО («Земля и Вселенная», № 3, 1976, с. 64—69). Число отделений ВАГО к концу 1976 года выросло до 67 (а незадолго до пленума образовалось 68-е отделение в Оренбурге), число действительных членов общества увеличилось до 7300, членов юношеской секции — до 1500. Общество объединяет также 212 членов-коллективов: астрономические обсерватории, научные институты, геодезические учреждения и предприятия, высшие учебные заведения, планетарии, школы, внешкольные учреждения.

Одним из важнейших мероприятий, в котором общество принимало самое активное участие, было второе совещание по геодезическим работам в строительстве, созданное Госстроем СССР по инициативе ВАГО. (Первое совещание Госстрой и ВАГО организовали в ноябре 1968 года.) Несмотря на ряд мер, принятых в ходе реализации решений первого совещания, состояние геодезической службы в строительстве все еще остается неудовлетворительным, что не раз от-

мечала центральная печать. Ощущается недостаток в кадрах геодезистов, в новых современных приборах, законченное строительство не всегда обеспечивается исполнительными съемками, фиксирующими построенный объект как он есть. Эти и другие вопросы были поставлены ВАГО перед Госстроем СССР на совещании, которое проходило в Новосибирске в июне 1976 года. Совещание вынесло много полезных рекомендаций, которые будут способствовать улучшению геодезического обеспечения строительства.

В апреле 1976 года общество провело V коллоквиум по любительскому телескопостроению («Земля и Вселенная», № 1, 1977, с. 84—85), а в августе — III Всесоюзный слет юных астрономов («Земля и Вселенная», № 2, с. 82—86). Эти мероприятия способствовали обмену опытом и объединению работы как взрослых, так и юных любителей астрономии нашей страны.

Астрономические секции отделений ВАГО много сделали для организации научных наблюдений, теоретических и экспедиционных исследований. 17 лет продолжается изучение обстоятельств падения Тунгусского метеорита, и каждый год приносит все новые и новые результаты («Земля и Вселенная», № 1, 1975, с. 29—35). Недавно в районе падения метеорита удалось обнаружить силикатные частицы, содержащие радиоуглерод, несомненно космогенной природы. Общая масса этих частиц, если распространить их наблюдаемую концентрацию на всю площадь вывала леса, измеряется тысячами тонн. В районе падения найдены остроугольные ча-

стицы никелистого железа, которые (это удалось доказать только теперь по их расположению в слоях сфагнового торфа) явно связаны с Тунгусским метеоритом.

Успешно проводились наблюдения метеорных потоков (главным образом на Крымской метеорной станции ВАГО имени Г. О. Затейщикова), планет, Солнца, покрытый звезд Луною, искусственных спутников. Многие члены ВАГО наблюдали кольцеобразное солнечное затмение 29 апреля 1976 года («Земля и Вселенная», № 1, 1977, с. 86—92). Результаты этих наблюдений систематически публикуются в журнале «Астрономический вестник», а также в сборниках, издаваемых ВАГО. Следует отметить успешную работу Ленинградского отделения ВАГО по изданию астрономических сборников. Ярославское отделение третий раз выпустило сборник, посвященный преподаванию астрономии в школе («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 96). В нем напечатаны ценные методические статьи, обобщающие опыт отделений ВАГО по совершенствованию преподавания астрономии в средней школе.

Геодезические секции Свердловского, Ленинградского, Целиноградского, Рудненского отделений тоже подготовили сборники статей, в которых рассматриваются главным образом вопросы инженерной геодезии. В 1977 году запланирован выпуск геодезических сборников также Омским и Узбекистанским отделениями. Издательской деятельностью успешно занимается и Волгоградское отделение ВАГО.

Общество активно помогает работе планетариев и народных обсервато-

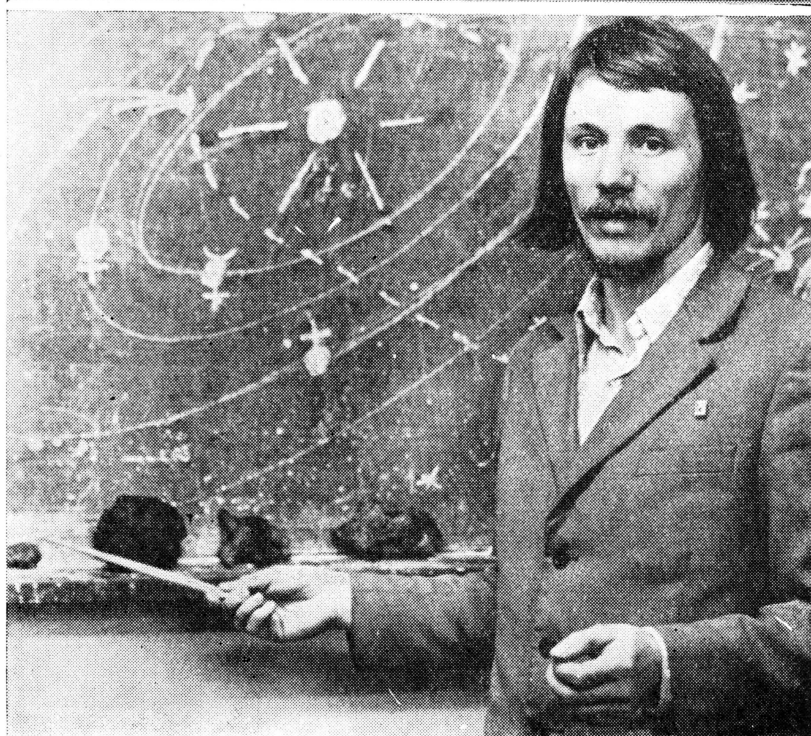
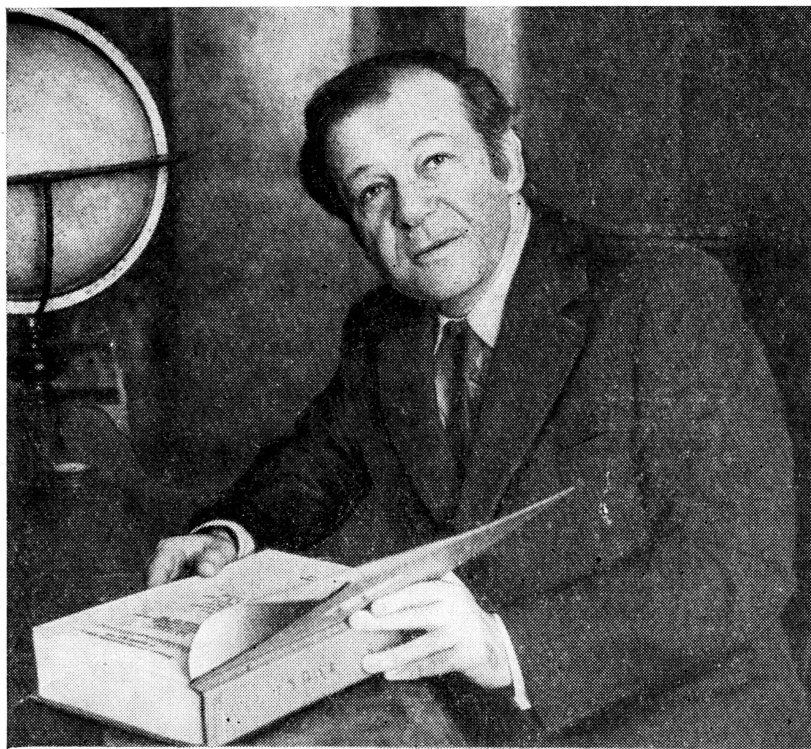


рий. Оно поддерживает инициативу партийных, советских, комсомольских организаций, научных институтов и вузов, Дворцов пионеров и в первую очередь отделений ВАГО по созданию в городах и поселках планетариев и народных обсерваторий. Местные органы власти уже решили положительно вопрос о строительстве планетариев в Баку и Львове. Но, к сожалению, общество «Знание» УССР не пошло навстречу предложению Запорожского отделения ВАГО о постройке планетария в городе. Кроме того, общество «Знание» не предоставляет отделениям ВАГО и планетариям Министерства культуры возможность заказывать диапозитивы на своей фабрике, и потому на местах ощущается их острый недостаток.

Пока не удалось наладить массовое производство наборов для изготовления самодельных телескопов, в которых так нуждаются любители астрономии в нашей стране.

Доклад Центрального совета обсуждали представители 51 отделения ВАГО. Профессор М. Т. Прилепин и президент ВАГО член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Буланже подчеркнули роль геофизики в познании нашей Земли и других планет. Они предложили шире привлекать геофизиков к работе в обществе, организовав в ВАГО геофизическую секцию.

Участники пленума заслушали ряд научных докладов: «Новые исследования планет» (доктор физико-математических наук М. Я. Маров), «Внегалактическая астрономия» (доктор физико-математических наук Я. Э. Эйнасто), «Современные исследования вращения Земли» (доктор физико-математических наук Я. С. Яцкив).



Лауреат первой премии ВАГО за 1976 год Валерий Константинович Луцкий

Лауреат второй премии ВАГО за 1976 год Владимир Иванович Коваль  
Фото В. Милушенко



АСТРОНОМИ-  
ЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

Доцент О. Д. ШЕБАЛИН

## Курс общей геофизики в педагогических институтах

До Великой Отечественной войны на физико-математических факультетах педагогических институтов курс геофизики изучался студентами как обязательный. Программа этого курса, утвержденная Народным комиссариатом просвещения РСФСР, была рассчитана на 45 учебных часов. Курс геофизики давал возможность будущим учителям физики получить основные представления о строении нашей планеты и о процессах, происходящих в ее оболочках (литосфере, атмосфере и гидросфере). В то же время довольно много геофизического материала рассматривалось и в курсе общей физики.

В послевоенный период курс геофизики уже не входит в учебные планы педагогических институтов, так как потребовалось ввести новые предметы, не увеличивая бюджета учебного времени студентов. Нет этого курса и в списке рекомендуемых учебным планом спецкурсов, которые изучаются студентами по выбору. Значительно сократился геофизиче-

ский материал и в курсе общей физики. Соответственно, все меньше внимания стало уделяться геофизическим проблемам в средней школе.

Из учебного плана средней школы был исключен курс геологии, изучавшийся одно время в 10 классе. Основные сведения о Земле как планете и о различных природных явлениях школьники получают теперь на уроках природоведения во 2—4 классах, а также на уроках физической географии в 5 классе. Нужно отметить, что в связи с изменением программы по математике еще в 40-х годах начало изучения физики было перенесено из 5 в 6 класс. Это в известной мере углубило разрыв между сведениями об отдельных природных явлениях и физическим их толкованием.

В результате ученик, заканчивая школу, имеет понятие о строении атома и его ядра, но почти ничего не знает ни о Земле как планете в целом, ни тем более о строении земных недр и физических процессах,

происходящих в отдельных оболочках Земли и в ее ядре. Особенно остро этот недостаток в образовании школьников ощущается теперь, когда геофизика стала одной из ведущих отраслей естествознания. На эти серьезные пробелы в знаниях учащихся было указано на I Всероссийской научной конференции по геофизике, созванной Межведомственным геофизическим комитетом при Президиуме Академии наук СССР и Министерством просвещения РСФСР в Москве в 1963 году.

Вряд ли оправданы опасения, что если геофизический материал в школьном курсе физики будет расширен, то это отвлечет школьников от изучения основных законов и явлений. Геофизический материал, безусловно, поможет выработать у школьников правильные представления об изучаемых явлениях, так как раскрывает их смысл и ценность. Геофизический материал позволяет сформулировать понятие общности физических законов и теорий и в то

О состоянии и перспективах развития нивелирной сети в СССР было сообщено в докладе заместителя директора ЦНИИГАиК М. Г. Герасименко.

Пленум присудил поощрительные премии ВАГО за 1976 год. Первой премии удостоен ученый секретарь Московского отделения ВАГО **Валерий Константинович Луцкий** за фундаментальный труд «История астрономических общественных организа-

ций в России и СССР». В своей работе, посвященной истории ВАГО, В. К. Луцкий использовал многочисленные государственные, ведомственные и личные архивы, опубликованные документы и воспоминания старейших членов общества.

Вторая премия присуждена члену совета Московского отделения ВАГО **Владимиру Ивановичу Ковалю** за цикл работ по изучению метеоритных кратеров (реальных и предполагаемых),

полета болидов и падений метеоритов («Земля и Вселенная», № 2, 1976, с. 91—93; № 3, 1977, с. 61—65). В 1976 году В. И. Коваль исследовал Хугдинский кратер в Якутии и установил его метеоритное происхождение. Им предложена оригинальная гипотеза происхождения комет («Астрономический циркуляр», 929, 1977).

Ученый секретарь ЦС ВАГО  
кандидат физико-математических наук **В. А. БРОНШТЭН**

же время добиться понимания учащимися границ их применимости. Не менее важно то, что привлечение геофизики способствует расширению кругозора учащихся и позволяет подчеркнуть объективность законов природы и взаимосвязь явлений. Не случайно авторы элементарного учебника физики под редакцией академика Г. С. Ландсберга неоднократно обращаются к геофизике и, например, в разделе «Теплота и молекулярная физика» отводят целую главу физике атмосферы. Примером того, как геофизический материал помогает усвоению основ физики, может также служить книга академика Л. Д. Ландау и профессора А. И. Китайгородского «Физика для всех».

В 1962 году под руководством автора была начата экспериментальная работа по усилению роли геофизического материала в курсе физики средней школы. С этой целью нами был разработан спецкурс по общей геофизике, рассчитанный на 54 часа. В течение восьми лет его преподавали студентам выпускного курса физического факультета Московского областного педагогического института имени Н. К. Крупской. Такой же курс, но с соответствующими коррективами, читался на протяжении трех лет и для слушателей факультета повышения квалификации преподавателей педагогических вузов.

В 1975 году спецкурс «Основы общей геофизики» был включен Министерством просвещения СССР в список рекомендуемых спецкурсов нового учебного плана для специальности «физика и астрономия», которая уже введена в ряде педагогических институтов страны («Земля и Вселен-

ная», № 1, 1976, с. 81—82.—Ред.). В связи с этим мы хотели бы познакомить читателей журнала с программой спецкурса.

**1. Введение.** История геофизики. Геофизика и ее место в ряду естественных наук. Основные разделы геофизики. Значение изучения геофизики в педагогическом вузе (2 часа).

**2. Общие сведения о Земле.** Основные оболочки Земли: литосфера, гидросфера и атмосфера. Околоземное пространство. Движение Земли как планеты. Внешние силовые поля. Сила тяжести. Фигура Земли (6 часов).

**3. Литосфера.** Методы изучения внутреннего строения Земли. Гравиметрия и понятие о гравиметрической разведке полезных ископаемых. Сейсмология. Определение упругих постоянных Земли по скорости продольных и поперечных волн. Землетрясения и их характеристики. Понятие о сейсмическом методе разведки полезных ископаемых. Астрономический метод изучения строения Земли (движение полюсов и определение упругих свойств Земли). Вулканизм. Основные гипотезы об изменении плотности вещества Земли с глубиной. Тепловое состояние земных недр и их радиоактивный разогрев (14 часов).

**4. Магнитное поле Земли и гипотезы о его происхождении.** Вариации элементов земного магнетизма. Результаты исследования магнитного поля Земли с помощью ракет и искусственных спутников Земли. Магнитные аномалии и понятие о магнитной разведке полезных ископаемых. Электрическое поле Земли. Теллурические токи и понятие об электроразведке полезных ископаемых (6 часов).

**5. Влияние Солнца и Луны на Землю.** Солнце как основной источник энергии на Земле. Тепловой баланс Земли. Приливы в гидросфере, атмосфере и литосфере. Солнечная активность (4 часа).

**6. Атмосфера Земли.** Состав и строение атмосферы. Физические свойства воздуха. Основные виды движения воздуха в атмосфере и общая циркуляция атмосферы. Циклоны и антициклоны. Влага и теплообмен в атмосфере. Местная циркуляция воздуха (муссоны, бризы). Климат, микроклимат. Понятие о краткосрочном и долгосрочном прогнозах погоды. Элементы атмосферной оптики. Уравнение переноса лучистой энергии. Взаимодействие гидросферы и атмосферы (10 часов).

**7. Гидросфера.** Основные виды течений в океанах. Тепловые процессы и образование льда. Прозрачность и цвет моря. Волны и сейши (4 часа).

**8. Биосфера Земли и проблема охраны окружающей среды.** Опасность загрязнения атмосферы и роль слоя озона. Мероприятия по охране природных вод от загрязнения (2 часа).

**9. Исследование Земли и ее природных ресурсов из космоса с помощью искусственных спутников Земли и орбитальных станций** (2 часа).

**10. Значение изучения геофизики для формирования целостного мировоззрения учащихся.** Методические рекомендации по использованию геофизического материала при изучении курса физики и астрономии в школе, при проведении факультативных курсов и внеклассной работы с учащимися (4 часа).

Естественно, что в ходе дальнейшей работы над программой возможны некоторые ее изменения и уточнения. Кроме того, необходимо создать учебное пособие для студентов по этому спецкурсу.

В настоящее время начата разработка межпредметного факультативного курса по геофизике для школ. Вопросы расширения геофизического образования школьников и соответствующей подготовки будущих учителей физики должны привлечь к себе самое серьезное внимание.



Кандидат геолого-минералогических наук  
Н. С. ЗАЙЦЕВ

## Геологические исследования Академии наук СССР в Монголии

В марте 1977 года исполнилось 10 лет научному сотрудничеству в области геологии между академиями наук СССР и МНР, хотя началось оно значительно ранее.

Еще в 1921 году, вскоре после установления в стране народной власти, возникли научные контакты между Книжной палатой — первым монгольским научным учреждением (впоследствии — Комитет наук) и первой послереволюционной геологической экспедицией Академии наук СССР в Монголии, которую возглавлял известный геолог и петрограф И. П. Рачковский. В 40-х годах геологические исследования в МНР были продолжены экспедицией И. А. Ефремова — известного писателя-фантаста, замечательного ученого-палеонтолога, открывшего в Монголии своего рода палеонтологическое Эльдorado — котловину Нэмэгт с богатейшими остатками ископаемых позвоночных. Здесь он собрал уникальный материал и целые скелеты удивительных гигантских существ — динозавров, вымерших около 70 млн. лет назад. В настоящее время эти научные сокровища экспонируются в Палеонтологическом музее АН СССР в Москве и в Государственном центральном музее в Улан-Баторе.

Научное содружество двух академий особенно окрепло после образования совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции АН СССР и АН МНР. Она была организована в 1967 году по инициативе президента АН МНР академика Б. Ширендыба и академиков АН СССР А. П. Виноградова и А. Л. Яншина.

Советские и монгольские ученые

должны были проводить на территории Монгольской Народной Республики комплексные геологические исследования по главнейшим разделам геологии — стратиграфии, тектонике, петрологии, палеовулканологии, геохимии и металлогении, геоморфологии, геокриологии и др. Кроме того, перед экспедицией ставилась задача оказывать помощь Монгольской академии наук в подготовке национальных высококвалифицированных геологических кадров.

Теоретическая и практическая значимость намечавшихся исследований очевидна. Известно, что многие разновозрастные геологические структуры, рудные поясы и зоны различных полезных ископаемых простираются за пределы СССР в Монголию.

Монголия (площадь свыше 1,5 млн. км<sup>2</sup>) находится в центре Азиатского материка. Ее геологическая история весьма длительная, многообразная и сложная. Монголия привлекательна для геолога тем, что на ее территории, расположенной между такими древними геологическими структурами, как докембрийская Сибирская платформа на севере и Китайско-Корейская на юге, можно проследить шаг за шагом последовательное, направленное развитие и формирование геологических структур, начиная с древнейших (архейско-протерозойских) времен и доныне. На примере Монголии можно решать такую важнейшую геологическую проблему современности, как история формирования структур земной коры и верхней мантии, а также выявлять генетические и пространственные закономерности размещения важнейших полезных ископаемых.

Сложность и многообразие природных (географических и геологических) условий Монголии были подчеркнуты естествоиспытателями давно. Еще в начале нашего столетия профессор Б. И. Имшенецкий в очерке, посвященном Монголии, писал: «Монголия поразительно разнообразна ввиду различной высоты горных цепей, различного выпадения атмосферных осадков, от разнообразия водных систем — речных и озерных, а также вследствие геологических причин»\*. На это же обращал внимание известный исследователь Центральной Азии академик В. А. Обручев, изучавший Монголию в конце прошлого века. В 50-е годы текущего столетия видный советский географ профессор Э. М. Мурзаев назвал ее страной физико-географических феноменов. С нашей точки зрения, Монголия представляет собой в некоторой степени и геологический феномен: она — одна из немногих внутриконтинентальных стран мира, подверженных сильнейшим землетрясениям; в ее северных и центральных областях глубинные гранитоидные породы занимают более 50% площади; в толщах пород мезозойского и кайнозойского возраста погребены богатейшие остатки ископаемых позвоночных — рептилий, амфибий и млекопитающих; среди третичных и четвертичных образований сохранились многочисленные вулканы, базальтовые лавы которых в изобилии вынесли на поверхность обломки различных глубинных пород и мине-

\* «Знание для всех», № 6, 1915, с. 5.





ралов — наиболее надежных индикаторов строения нижних частей земной коры и верхней мантии. Естественно, все эти особенности не могли не привлечь внимания разведчиков недр.

Геологическое строение Монголии в различных ее частях изучено неодинаково. Огромные пустынно-гористые гобийские пространства по существу еще ждут своих исследователей. Тем не менее в целом за последние 15—20 лет наши знания о геологии Монголии далеко продвинулись вперед благодаря исследованиям, проведенным учеными различных стран социалистического содружества и в первую очередь советскими и монгольскими геологами. Назовем лишь несколько имен из числа участников экспедиции: Б. Лувсан Данзан, Ж. Бямба, О. Томуртогоо,

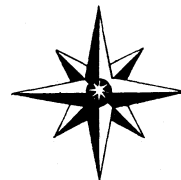
Д. Доржнамжаа, Ц. Цэдэн, Р. Барсболд, Б. Лхасурэн, В. И. Коваленко, Л. П. Зоненшайн, А. В. Ильин, Н. Г. Маркова, М. С. Нагибина, Е. В. Девяткин, А. А. Моссаковский, А. Б. Дергунов, В. А. Благоднаров.

Советско-Монгольской экспедицией за десятилетний срок ее работы получены существенные результаты. Начнем прежде всего со стратиграфии — одной из главнейших ветвей наук о Земле. Здесь накоплено чрезвычайно много новых данных по всем

разделам геохронологической шкалы. Так, среди древнейших докембрийских образований впервые установлены породы очень высокой степени метаморфизма, представленные granulитами, то есть породами, претерпевшими глубокие изменения первичной структуры, минералогического и химического состава. Возраст их, вероятно, порядка 2,5—3 млрд. лет. Они встречаются и в обнажениях на поверхности, и в обломках (ксенолитах) среди молодых третично-четвертичных базальтов. Более молодые докембрийские (протерозойско-рифейские) метаморфические гранитизированные комплексы пород (возраст от 2 млрд. лет до 800 млн. лет) обнаружены во многих районах страны.

Широкое распространение древних (архейских и протерозойских) пород в Монголии имеет принципиально

■  
*Участники Советско-Монгольской экспедиции (слева направо): А. С. Павленко, Р. Барсболд, член-корреспондент АН СССР И. В. Луцкий, академик АН СССР А. Л. Яншин, академик АН СССР А. П. Окладников, Г. Г. Мартинсон, В. А. Меркулов, П. Хосбаяр*



ЭКСПЕДИЦИИ

важное значение для выяснения времени формирования гранитно-метаморфического слоя земной коры и для решения ряда практических задач, связанных с размещением и прогнозированием месторождений полезных ископаемых. Самые верхние докембрийские слои ученые разделяли на возрастные горизонты по встречающимся в них остаткам жизнедеятельности различных водорослей, что позволило сопоставить слои по возрасту с соответствующими отложениями на территории СССР (например, в Сибири и на Урале).

Изучение кембрийских отложений (возраст 560—500 млн. лет), представленных весьма разнообразными по составу породами — известняками, песчаниками, сланцами и эффузивами, увенчалось открытием в них богатейшей фауны трилобитов (первые членистоногие, ракообразные) — надежных руководящих ископаемых органических остатков, по которым геологи детально расчленяют отложения этой системы. Благодаря этой находке была разработана местная подробная стратиграфическая шкала кембрия и проведено сравнение монгольских кембрийских разрезов с разновозрастными отложениями Саяно-Алтайской области, Казахстана, Сибирской и Китайской платформ, Австралии и Северной Америки.

В Монголии есть такие места, где наблюдаются достаточно полные и непрерывные разрезы кембрийских и верхнедокембрийских пород, позволяющие более точно, чем на других территориях, установить границу между этими двумя возрастными подразделениями.

Существенно дополнились наши

знания по стратиграфии более поздних систем палеозоя — ордовикской, силурийской и каменноугольной. В морских и континентальных отложениях пермской и триасовой систем в южных, центральных и северных районах собраны обильные ископаемые остатки фауны и флоры. На юге страны в континентальных породах триаса (220—200 млн. лет) впервые найдены наиболее древние для Монголии ископаемые позвоночные — лабиринтодонты, а на северо-востоке, в бассейне реки Онон, в морских отложениях — моллюски (аммониты и пелециподы); ранее на юге были известны только местонахождения нижне- и верхнемеловых (135—70 млн. лет) ископаемых рептилий и амфибий.

На основе всего комплекса встречающихся органических остатков в континентальных отложениях юрской и меловой систем (200—70 млн. лет) удалось создать единую для всей страны уточненную биостратиграфическую схему, сопоставимую со схемами разновозрастных отложений Забайкалья, Средней Азии и Китая. В отложениях юрской и меловой систем Монголии открыты многочисленные находки фауны беспозвоночных и позвоночных, среди которых особенно выделяется район Бомбо-Худук в Заалтайской Гоби, богатый скоплениями скелетов динозавров и панцирей черепах. На многих из этих местонахождений уже проводит работы Советско-Монгольская палеонтологическая экспедиция.

Для пород кайнозойского возраста (70—0,5 млн. лет) также разработана единая стратиграфическая шкала и проведены корреляции с определенными районами Китая и азиатской ча-

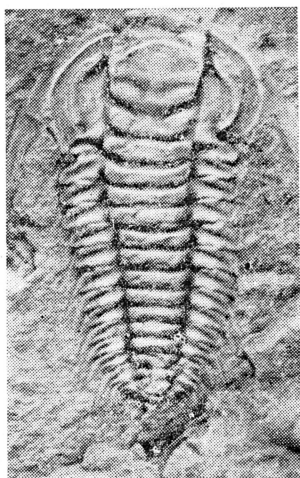
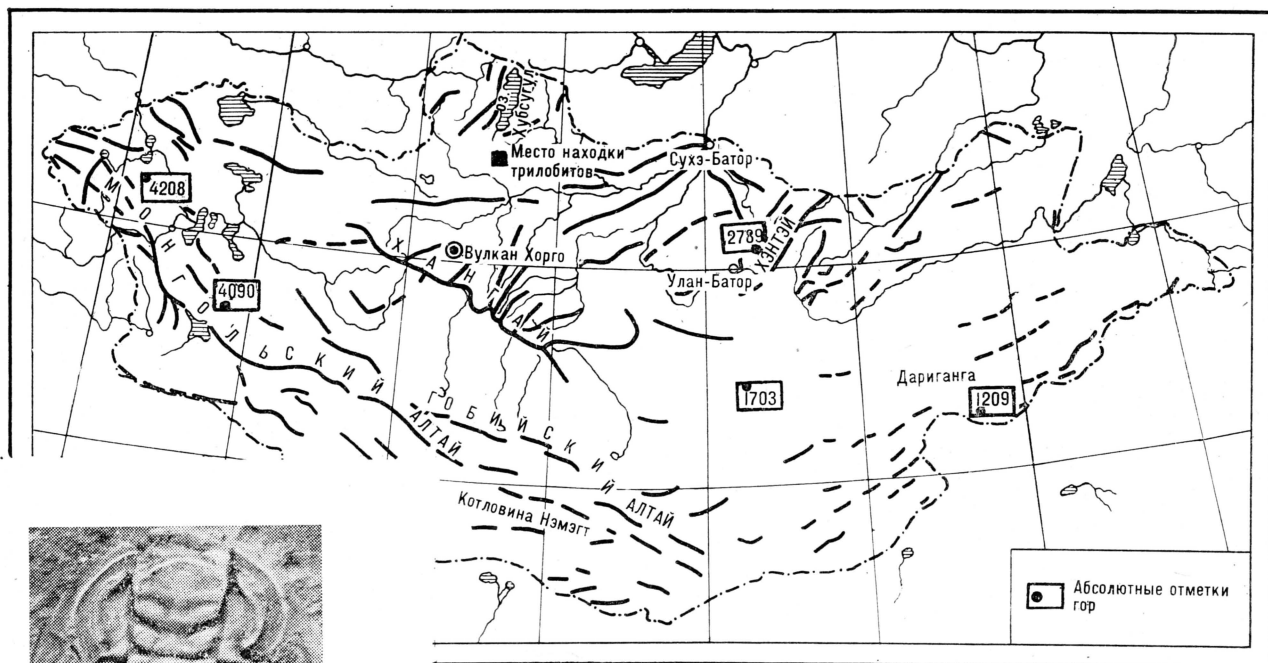
сти СССР. Из обследованных многочисленных (до 70) местонахождений кайнозойской фауны и флоры около половины открыто впервые, причем некоторые из них (Хиргис-Нур, Шамар) представляют собой большую ценность для науки.

Широко распространены в Монголии внутриконтинентальные кайнозойские базальты; только на юго-востоке, в районе плато Дариганга, они занимают площадь более 10 тыс. км<sup>2</sup>. В результате комплексного исследования базальтов (палеомагнитного изучения, данных абсолютного возраста, биостратиграфических корреляций разделяющих и вмещающих осадочных пород) удалось расчленить их на шесть возрастных многофазных горизонтов — от эоцена до голоцена включительно.

Оказалось, что самые молодые (четвертичные) базальты Монголии (например, вулкан Хорго в Центральном Хангае) имеют возраст всего лишь около 6 тыс. лет.

В итоге обширных стратиграфических исследований уже в 1971 году была опубликована уточненная геологическая карта Монголии масштаба 1 : 1500000 (второе издание). В отличие от предыдущей карты такого же масштаба, изданной в 1966 году, она составлена в международной стратиграфической легенде.

Не менее эффективными оказались петролого-геохимические и палеовулканонологические исследования. Они охватили почти все вулканические, излившиеся породы и гранитоидные комплексы различного состава и возраста, а также породы офиолитовой ассоциации, сложенной ультраосновными и основными породами, бога-



тыми железисто-магнезиальными силикатами (эти глубинные породы отождествляют с океанической корой геологического прошлого). В итоге изучения гранитоидных пород докембрийского возраста составлены карты гранитоидных формаций и их абсолютных возрастов. На этих картах выявлена закономерная связь пространственного размещения гранитоидов с определенными типами и временными стадиями развития тектонических структур. Карта мезозой-

#### Орографическая схема Монголии

Нижнекембрийский трилобит. Район находки — южное Прихубсугулье. Размер трилобита около 3,5 см. На рисунке увеличен вдвое

ских гранитоидов отражает, кроме того, их геохимические типы с характерными для каждого из них признаками металлогении. Экспедиция открыла на юге Монголии пояс щелочных гранитоидов (калиевых гранитов и сиенитов), перспективный на редкометальное сырье. В них обнаружен новый минерал — водный силикат циркония и кальция — армстронгит, названный так в честь первого человека, ступившего на Луну.

Палеовулканологическое изучение верхнепалеозойских и мезозойских эффузивных формаций помогло существенно уточнить их строение и состав, выделить среди них особую категорию калиевых щелочных пород, весьма перспективных на некоторые новые типы оруденения. Примечательно, что раньше продукты вулканизма использовались только как петрографические эталоны для корреляции разрезов при мелкомасштабном геологическом картировании. Вулканизм как фактор, играющий важную роль в процессах рудообразования, вообще не учитывался.

Экспедиция детально изучала строение, состав и положение в складчатой структуре наиболее тяжелых пород из офиолитовой ассоциа-

ции — ультрабазитов, которых на территории Монголии довольно много. Среди ультрабазитов обнаружены отдельные массивы, перспективные на хромитовое и магнезитовое сырье.

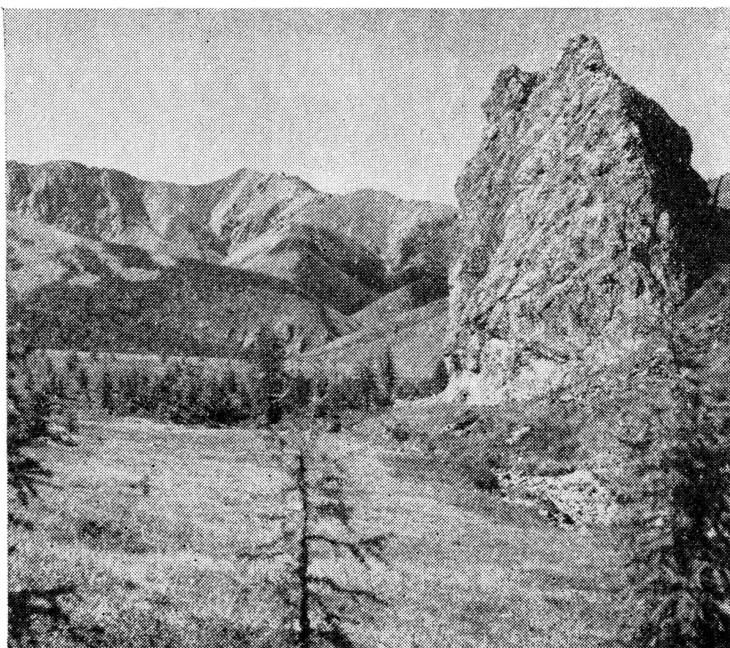
Интересные результаты принесло и изучение кайнозойских вулканических базальтов. Они включают ксенолиты кислых (сиалических), основных (базитовых) и ультраосновных пород, а также крупные кристаллы (мегакристы) таких минералов, как авгит, флогопит, санидин, пироп и др. По этим включениям можно реконструировать строение земной коры и верхней мантии на глубину до сотен километров. Это весьма важно как в теоретическом отношении — для выяснения истории формирования матери-

Центральный Хангай. Молодая базальтовая лава в долине реки Нарин-Гичигине-Гол. Отчетливо видны базальтовые россыпи и структурные террасы

Щелочные граниты в Южной Гоби

Северная Монголия. Марганценовые карбонатно-кремнистые породы





ков и складчатых поясов внутри них, так и в прикладном: пиропы — спутники алмазов, а некоторые другие мегакристы могут быть использованы как полудрагоценные поделочные камни.

В итоге многолетних работ экспедиции составлены две тектонические карты — общая тектоническая карта Монголии и карта мезозойских и кайнозойских структур (обе — в полуторамиллионном масштабе). Карты отображают формирование складчатых структур по наиболее крупным тектоническим эпохам: раннедокембрийской, позднедокембрийской — рифейской (верхняя возрастная граница примерно 800—900 млн. лет); вендско-кембрийской или раннекаледонской с основной складчатостью во второй половине кембрия (верхняя граница около 500 млн. лет); каледонской (около 400 млн. лет); герцинской (около 300 млн. лет); мезозойской и кайнозойской. Последние две эпохи — это эпохи тектонической активизации. В целом карты дают наглядное представление о развитии главных складчатых зон Монголии, их сходстве и различиях. Эти карты могут служить теоретической основой для прогнозно-металлогенических построений.

К настоящему времени составлены также геологическая карта четвертичных отложений, геологическая карта Монгольского Алтая, геокриологическая; составляются геоморфологическая, неотектоническая и карта сейсмического районирования. Последняя представляет особый интерес, так как территория Монголии — чрезвычайно сейсмически активная. Достаточно сказать, что следы двух зем-



летрясений огромной силы (Северо-Хангайского в 1905 году и Гоби-Алтайского в 1957 году) заметны и сейчас; они выражены в виде прямолинейных зон смещения разрушенных горных пород, простирающихся на сотни (до 300) километров.

Не менее важна в практическом отношении и геокриологическая карта. Она показывает распространение и мощность многолетнемерзлых пород для различных высотных поясов, глубины сезонного промерзания и оттаивания. Установлено, что в некоторых межгорных впадинах Монголии многолетнемерзлые породы идут на глубину до 140 м. Возможно, в горах Монгольского Алтая мощность таких пород еще больше.

Горы на западном берегу озера Хубсугул. Здесь находится месторождение фосфоритов

Выполненные экспедицией комплексные исследования завершились и некоторыми практическими открытиями. Выявлен Хубсугульский фосфоритонесный бассейн — один из крупнейших в Азии по запасам фосфоритов. Обнаружен пояс вулканоплутонических пород на юге страны, к которому приурочены редкометалльные и редкоземельные месторождения. Найдены и такие виды полезных ископаемых, которые до этого в Монголии не были известны.

Монголия — быстро развивающаяся социалистическая страна. Ее экономика строится на базе использования горнорудных богатств и сельского хозяйства (особенно животноводства).

И несомненно, дальнейшие комплексные научные геологические исследования в Монголии приведут к новым важным теоретическим обобщениям и практическим открытиям.





ЭКСПЕДИЦИИ

Кандидат физико-математических наук Ю. С. ГЕНШАФТ

Кандидат геолого-минералогических наук А. Я. САЛТЫКОВСКИЙ

## Среди потухших вулканов Монголии

Начиная работать в МНР, мы уже многое знали о залитых лавой долинах бурных рек, о многочисленных вулканических конусах на обширных базальтовых плоскогорьях, расположенных на юго-востоке страны, о вулканах в Тарятской впадине среди Хангайского нагорья, о мощных вулканических покровах, окружающих озеро Хубсугул. Богатый материал собрали за последние 10 лет отряды совместной Советско-Монгольской комплексной научно-исследовательской геологической экспедиции АН СССР и АН МНР. (См. статью Н. С. Зайцева, опубликованную в этом номере журнала.) В результате этих работ мы получили представление об особенностях геологического развития Монголии с древнейших эпох до настоящего времени, о характере магматических процессов, которые часто имеют и практический интерес — с ними связаны залежи полезных ископаемых.

Монголия расположена в самом центре Азии, где сходятся геологические структуры Восточного Саяна, Тувы и Западного Забайкалья. Здесь можно наблюдать последовательное и закономерное развитие геосинклинальных складчатых областей начиная, по крайней мере, с протерозойского и до середины или конца палеозойского времени. В мезозое и кайнозое происходили процессы неотектонической активизации. И все этапы этой бурной геологической жизни сопровождались активным вулканизмом. Тайны монгольских вулканов можно разгадать, лишь собрав большую коллекцию пород, которая должна помочь проникнуть в их историю.

...Наш маленький отряд, состоящий из двух научных сотрудников (авто-

ров этого очерка), двух коллекторов и шофера, отправляется из столицы Монгольской Народной Республики — Улан-Батора на юго-восток страны, в один из наименее изученных районов молодого (кайнозойского) вулканизма — к плоскогорью Дариганга. Через два дня пути по горным и степным дорогам под колесами автомашины зашуршали мелкие обломки базальтовых лав — мы достигли района работ. Лагерь расположился в центре вулканического массива...

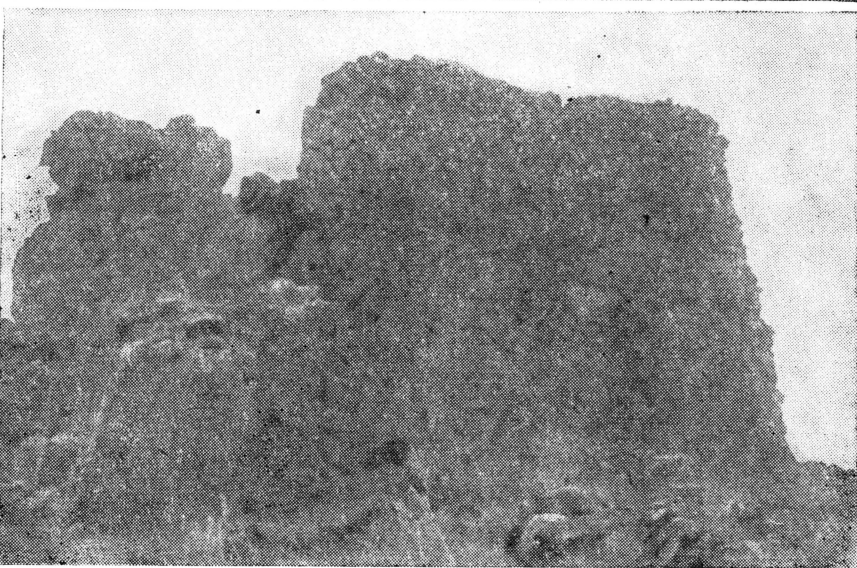
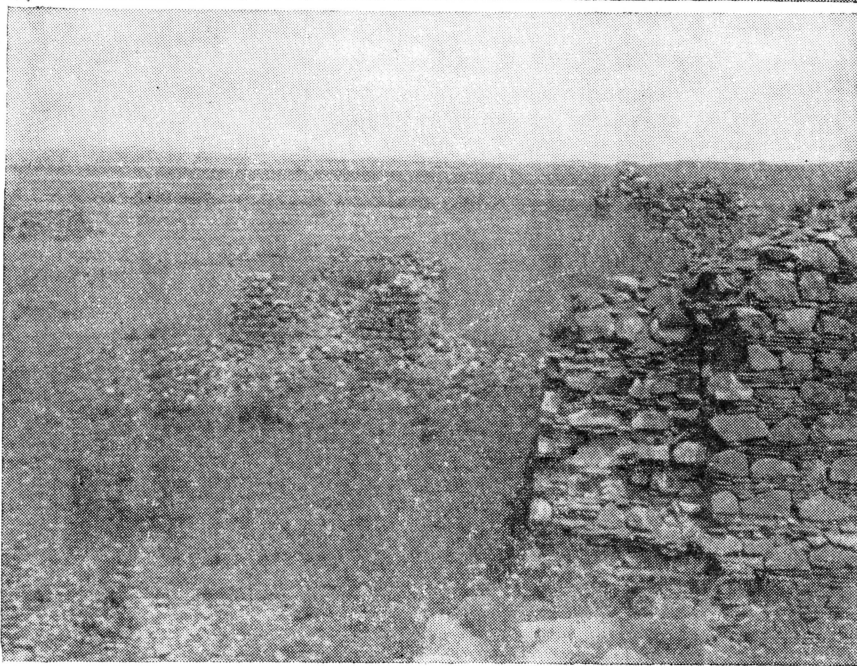
Широкая долина сплошь залита черным, пузыристым базальтом с невысокими шлаковыми конусами. Вулканические гряды протянулись на сотни километров с юго-запада на северо-восток. Более двухсот вулканов Дариганги приурочены к глубинным разломам, которые когда-то вспоролли земную кору и служили каналами для выхода огромных масс расплавленного базальта на поверхность. На Дариганге можно обнаружить главную особенность внутриконтинентального вулканизма: в лаве и шлаках заключены «посланцы» глубинных зон земной коры и мантии — светло-зеленые оливины; смоляно-черные кристаллы пироксенов; изумрудно-зеленые хромдиопсиды; словно стеклянные, ограненные, удивительно прозрачные полевые шпаты и сложенные яркими минералами перидотиты. Земные породы рядом с этой пестрой мозаикой выглядят непривлекательно. Но и они несут информацию о строении и составе тех горизонтов земных недр, по которым можно реконструировать древние геологические образования в эпоху вулканизма. Теперь мы уже знаем, что базальты Дариганги покоятся на гранитах и пес-

чаниках, сланцах и кварцитах — типичных породах верхних частей земной коры.

Удивительно разнообразна природа южных и центральных районов Монголии. Безводные степные пространства Дариганги сменяются лесистыми речными долинами северных отрогов Хангайского хребта. Здесь расположена Тарятская впадина, по ее бортам высятся правильные шлаковые конусы, возникшие всего несколько тысяч лет назад. Молоды вулканы, молода лава и молодые реки — их русла менялись после каждого нового извержения.

Самый юный вулкан Хорго извергался совсем недавно. Излившаяся лава перекрыла реку Сумыйн, и ее воды образовали озеро Тэрхин-Цаган. Кратер Хорго своей красотой может соперничать со многими современными вулканами. Когда смотришь с обрывистого края огромной чаши вниз, то кажется, что вулкан только что уснул: пористые глыбы покрыты налетом солей, выпавших из остывших газов, хрупкие сплетения лавы и шлака нагромодились на стенках кратера и нависают над трещинами. Черная лавовая река еще не успела покрыться почвой и зарости кустарником. В ней можно обнаружить много разнообразных включений — индикаторов строения земных недр.

В противоборстве воды и камня рождаются глубокие каньоны, пронизывающие мощные напластования лав и жерла вулканов. На левом берегу реки Гичигине — притоке реки Сумыйн — высится конус, у которого словно отрезали бок: обнажились шлаки, пенная лава, вулканические бомбы — все, что слой за слоем воз-



водил вулкан во время извержения на берегу реки; у его подножия мы заметили овальную бомбу диаметром около метра, почти засыпанную шлаками.

...Безжизненную лавовую пустыню сотрясали глухие удары, ранее излившиеся и застывшие покровы базальтов вздрагивали и растрескивались. Из глубоких расщелин валил дым и прорывались огненные фонтаны. Быстро поднимался насыпной купол: внутри него кипела и бурлила лава. То в одном, то в другом месте, прорывая стенку, преодолевая сопротивление спекшихся шлаков, по склонам конуса сползали огненно-красные языки. Однако сил у лавы было еще мало, и вклинившийся в стенки кратера расплавленный базальт, остывая, оказался замурованным в шлаке. Извержение нарастало. На сотни метров разлетались обломки горных пород; густки пластичной

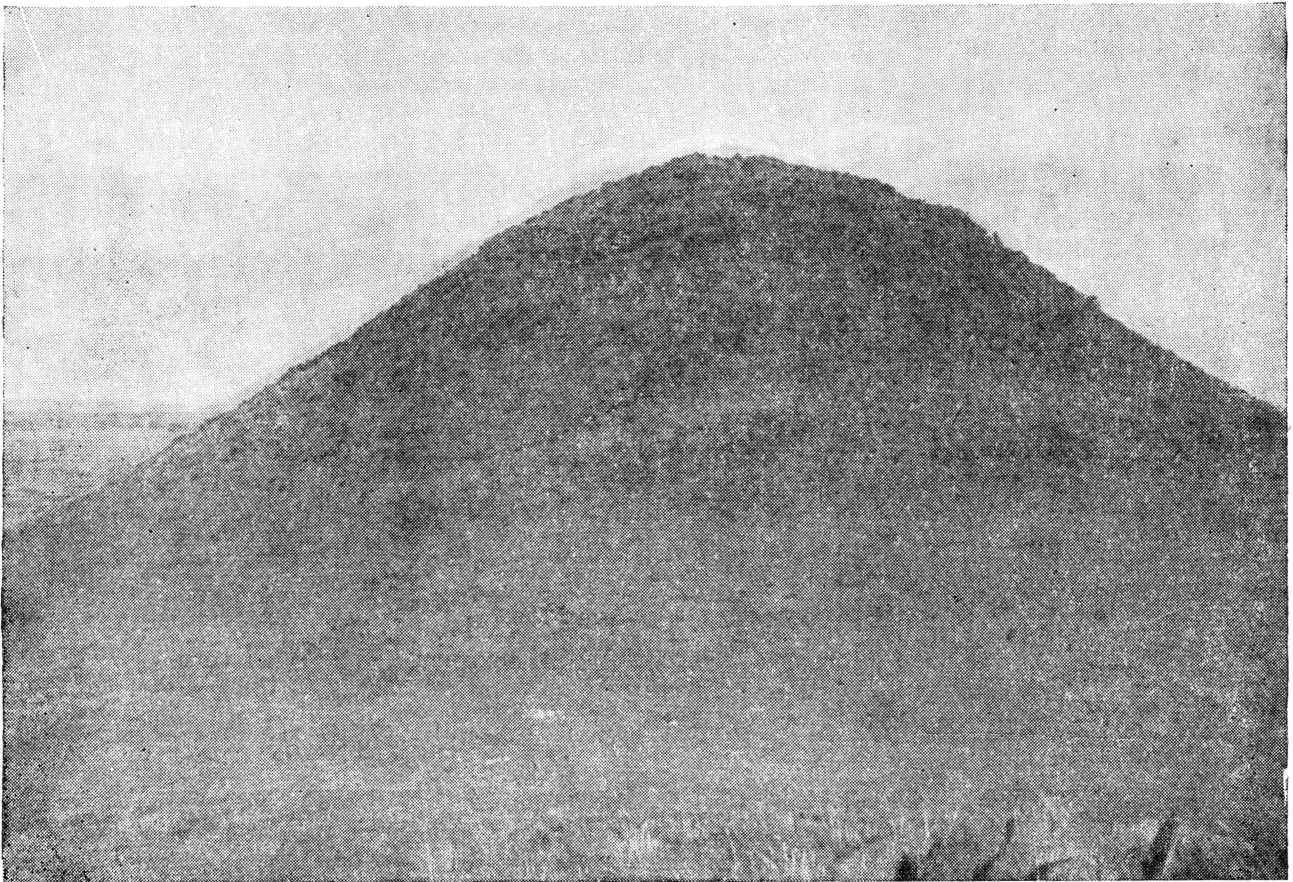
■  
*Хорго — один из самых молодых вулканов Монголии*

■  
*Стены крепости Хадасан*

■  
*Базальтовые стены, «возведенные» при извержении одного из вулканов Дариганги*

■  
*Базальтовый неkk — останец древнего вулкана к югу от Хангайского нагорья*

■  
*Так выглядит базальтовый неkk вблизи*





лавы, выбрасываемой с большой скоростью из жерла, закручивались в полете, охлаждались и затвердевали еще в воздухе. Возникшие в начале извержения трещины не выдерживали напора новых порций глубинного материала — земля продолжала раскалываться, и вот хлынула ничем несдерживаемая лава и затопила все вокруг. Эту каменную летопись можно прочесть на обрывах современной речной долины.

Неподалеку от этого участка глубоко в многослойные базальтовые толщи врезалась другая река — Чулут. На берегах быстрой и удивительно прозрачной реки наш отряд провел не один день, изучая в высоких стенах каньонов последовательные этапы в развитии вулканизма и состав лав. Мы привыкли к тому, что самые молодые породы занимают верхнюю часть слоистой толщи. А здесь поздние излияния происходили на дне каньона, в самом основании двухсотметрового ступенчатого разреза базальтовых лав. Каждая ступенька (обычно их можно насчитать от двух до четырех) — это отдельная, хорошо выраженная в рельефе плоская речная терраса, отстоящая от соседних ступеней на десятки метров. На образование таких ступеней уходили целые эпохи интенсивного вулканизма. Вскрытые толщи базальтовых потоков и покровов демонстрируют внутреннее строение этих вулканических тел. Как правило, каждый слой «построен» из вертикально стоящих отдельных столбообразных глыб. Иногда словно вспыхивает каменное солнце — по вертикальной стене веерообразно расходятся длинные лучи плотно пригнанных друг к другу тонких базаль-

товых столбов. Не прихотью природы созданы эти затейливые формы. Они — запечатленные «условия» извержения и остывания раскаленных магматических масс. Когда изверженные породы остывали, громадные напряжения разорвали камни на части.

Внимательно вглядываясь в строение лав, вдруг убеждаешься, что, казалось бы, незначительные особенности во взаимном расположении отдельных глыб говорят о близости центра излияний. Это — почти открытие! Ведь мы не видим здесь шлаков и кратеров, насыпных конусов — всех тех привычных атрибутов классических вулканов, которые указывают на очаги катастроф. Между тем совсем не обязательно извержения должны быть связаны с вулканическими центрами. Известны мощные трещинные извержения на Гавайских островах и в Исландии, а совсем недавно произошло такое извержение на Камчатке («Земля и Вселенная», № 4, 1976, с. 39—50; — Ред.). Вот почему мы, карабкаясь по стенкам каньона, стараемся буквально ощупать руками канал, по которому изливалась лава. Мы ищем включения глубинных пород: в протяженных потоках их почти нет, а в канале лава густо усеяна разнообразными минералами. Случайность ли это? Нет! Быстро остывающая в вулканическом канале лава остается монолитной и надежно консервирует чуждые ей, легко разрушаемые на поверхности, отторженцы глубинного земного вещества. Иначе идет процесс в медленно остывающем потоке — там горячие газы и сама лава «съедают» включения, лишь изредка оставляя следы их бы-

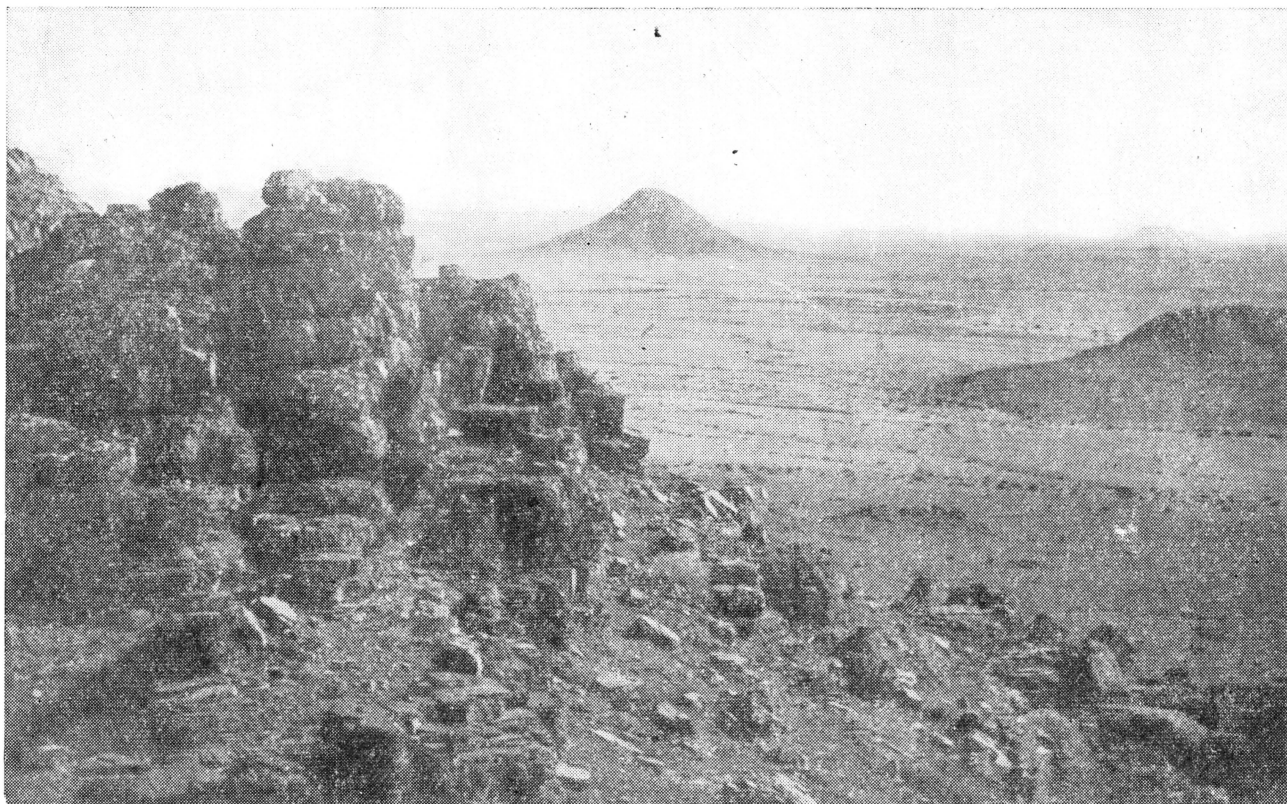


■  
Контрасты природных ландшафтов  
Монголии





ЭКСПЕДИЦИИ



лого пребывания в магме. Включения помогают найти исчезнувшие вулканы, а лава, застывшая в их жерлах, дает информацию о больших глубинах.

Вулканы, подобно живому организму, имеют «скелет» и «плоть». Время неумолимо разрушает «плоть» вулканов — их непрочную оболочку из шлаков и рыхлых лав. Постепенно

разрушается конус, размываются породы, на которых вулкан рос, и на поверхности остается «скелет» вулкана — прочный монолит плотной лавы, заполнившей древнее жерло. Такие скальные вулканические остатки называются некками. Сотни некков высятся на обожженных солнцем пустынных равнинах Южной Монголии. Это — последние свидетели грандиозного вулканизма, закончившегося десятки миллионов лет назад.

Вулканы украшают ландшафты Монголии. Это они породили голубые

озера, огромные плоскогорья, каньоны речных долин и нагорья. Сравнивая результаты изучения вулканов Монголии, Камчатки и Забайкалья, мы убеждаемся, что составы лав, глубины магматических очагов, строение глубинных зон коры и мантии — все различно для областей, расположенных внутри континента и на его окраинах.

Фото авторов

 Столчатые базальты и скальные некки среди монгольских пустынь



ИЗ ИСТОРИИ  
НАУКИ

Кандидат технических наук  
В. А. ГУРИКОВ

## Зрительная труба Леонардо да Винчи

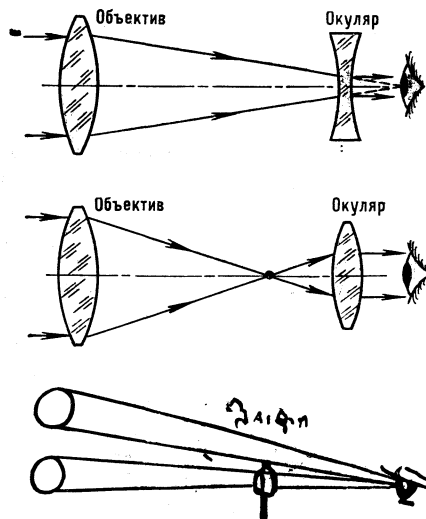
**В 1977 году исполняется 525 лет со дня рождения Леонардо да Винчи — великого итальянского художника, гениального ученого и инженера, виднейшего представителя искусства и науки эпохи Возрождения. О многогранности таланта этого человека свидетельствует и малоизвестный факт его деятельности в области технической оптики.**

До нашего времени сохранились многочисленные рукописи и рисунки Леонардо, касающиеся вопросов оптики. Леонардо глубоко интересовался и посвятил много времени физиологической оптике (человеческий глаз, его строение и свойства, ход лучей в нем), фотометрическим исследованиям, геометрической оптике (построения хода лучей в линзах, в камере-обскуре, экспериментальный метод определения аберраций), технологии изготовления оптических деталей — линз и зеркал.

Леонардо да Винчи с полным правом можно считать ученым-оптиком, которому были известны основные оптические трактаты своего времени (Альхазена, Вителло, Бэкона). Однако в курсах истории оптики имя Леонардо почти не упоминается. По мнению С. И. Вавилова, это связано с тем, что «он не помещается в логизированную схему развития науки. Леонардо или необычайно обгоняет свою эпоху, или отстает, или идет стороной, и, что является самым трудным, почти невоз-



■  
*Леонардо да Винчи (1452—1519). Автопортрет*



можно доказать его влияние на дальнейший рост науки» (С. И. Вавилов. Собр. соч., т. 3. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 243).

Из всего научного творчества Леонардо в области оптики нас будет интересовать только одно: изобрел ли он двухлинзовый телескоп? Но прежде чем ответить на этот вопрос, познакомимся с самыми известными конструкциями зрительных труб.

**Зрительная труба Галилея.** В ее оптической схеме используются две линзы — выпуклая (собирающая) и вогнутая (рассеивающая). Изображение в такой трубе получается прямым, увеличенным.

**Зрительная труба Кеплера.** В ее оптической схеме две линзы, но обе они выпуклые. Телескопическая система, собранная по схеме Кеплера, дает обратное, увеличенное изображение наблюдаемого объекта.

В рукописях Леонардо описано, как простейшим способом добиться значительного увеличения с помощью одной-единственной двояковыпуклой линзы, фокусное расстояние которой больше, чем расстояние наилучшего зрения (25 см). В рукописи, относящейся к 1492 году и сейчас известной как кодекс А, читаем (лист 12): «Чем дальше отодвинешь ты стекло от глаза, тем большими покажет оно предметы для глаз 50 лет; если глаза для сравнения глядят один через очковое стекло, другой вне его, то для одного предмет покажется большим, а для другого малым; но для этого видимые вещи должны быть удалены от глаза на 200 локтей\*» (Леонардо

да Винчи. Избранные естественнаучные произведения. М., Изд-во АН СССР, 1955, с. 729). Леонардо приводит рисунки «однолинзового телескопа» и рассматривает, каким будет его поле зрения, а также перспективные изменения наблюдаемых объектов. Французские оптики А. Данжон и А. Куде указывают, что с линзой, фокусное расстояние которой 12 м, наблюдатель, имеющий нормальное зрение, может получить 50-кратное увеличение, а близорукий — еще больше (А. Danjon et A. Couder. «Lunettes et télescopes». Paris, 1935, p. 1 et 581).

Есть основания утверждать, что Леонардо изобрел и двухлинзовый телескоп. Первым такое предположение высказал историк оптики Д. Арджентьери (Италия), ссылаясь на текст кодекса F, лист 25. (Кодекс F — это записная книжка, которую Леонардо

■ *Ход лучей в зрительной трубе Галилея (1609 г.)*

■ *Ход лучей в зрительной трубе Кеплера (1611 г.)*

■ *Однолинзовый телескоп (рисунок Леонардо да Винчи). Показано ограничение поля зрения глаза наблюдателя однолинзовым телескопом*

вел в 1508—1509 годах.) Учитывая исключительную важность этого текста, привожу его в русском переводе полностью: «Хрустальное очковое стекло (ochiale) толщиной по краям в одну унцию от унции [то есть в  $\frac{1}{12}$  от  $\frac{1}{12} = \frac{1}{144}$  локтя. — В. Г.]. Это хрустальное очковое стекло не должно иметь пятен и быть очень ясным. С краев оно должно быть толщиной в одну унцию от унции, то есть в  $\frac{1}{144}$  локтя, а в середине — тонким, соответственно зрению, которое им пользуется, то есть соответственно пропорции тех очков, которые для такого зрения годятся. И оно должно быть изготовлено при помощи той же формы (stampa), что и эти очки. Ширина такого продолговатого стекла (favola) будет равна  $\frac{1}{6}$  локтя, а длина  $\frac{1}{4}$  локтя; следовательно, оно будет иметь в длину 3 унции, а в ширину 2, иначе говоря,  $1\frac{1}{2}$  квадрата. И таким очковым стеклом нужно пользоваться, держа его на расстоянии  $\frac{1}{3}$  локтя от глаза, и на столько же оно должно быть удалено от буквы, которую ты читаешь. Если же оно будет удалено на большее расстояние, эта буква покажется крупнее; в самом деле, обычная печатная буква будет видна как буква на аптекарской коробке.

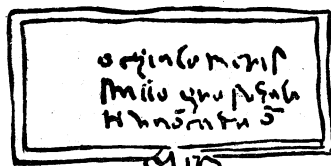
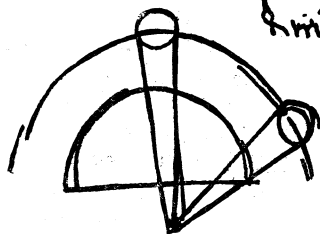
Это очковое стекло удобно держать на письменном столе, а если ты хочешь держать его, наблюдая вдаль, сделай его длиною в  $\frac{1}{8}$  локтя, а шириною в  $\frac{1}{12}$ ».

Ход рассуждений Арджентьери таков: он берет начало приведенного выше текста, обрывает его на слове «тонким» и читает вторую фразу так: «С краев оно [очковое стекло. — В. Г.] должно быть в одну унцию от унции,

\* Имеется в виду флорентийский локоть (braccio), равный примерно 60 см.



Итак в фокусе находится точка  
са линзы принцип линзы  
по которому сама линза не  
линза



Описание  
линзы  
и линзы  
и линзы

Описание линзы  
и линзы  
и линзы

и линзы  
и линзы  
и линзы

то есть в  $\frac{1}{144}$  локтя, а в середине — тонким». Однако этого делать нельзя, поскольку Леонардо продолжает свою мысль следующим образом: «тонким, соответственно зрению, которое им пользуется, то есть соответственно пропорции тех очков, которые для такого зрения годятся». Оборвав фразу на середине, Арджентьери делает вывод о том, что здесь идет речь о стекле, которое тоньше в середине, чем по краям, то есть о вогнутой линзе. Но так как подобная линза увеличения дать не может, а Леонардо явно описывает увеличивающую оптическую систему («...обычная печатная буква будет видна как буква на аптекарской коробке»), то

Арджентьери предполагает наличие второй линзы, выпуклой. По его мнению, рамка, изображенная на листе 25 кодекса F, не что иное, как рисунок трубы, на концах которой должны находиться выпуклая и вогнутая линзы (D. Argentieri. L'optica de Leonardo.— «Leonardo da Vinci. Edizione curata della mostra di Leonardo da Vin-

Репродукция части листа 25 из кодекса F с описанием однолинзового телескопа Леонардо. Слева вверху изображена свинцовая форма для шлифовки линз, справа — лупа в четырехугольной рамке

ci in Milano», Firenze, 1939, p. 405). Это заключение совершенно безосновательно и из приведенного у Леонардо рисунка вовсе не следует. В издании текстов Леонардо да Винчи на немецком языке (L. da Vinci. Tagebücher... Leipzig, 1952, s. 625) упомянутое изображение правильно трактуется как «лупа в четырехугольной рамке».

Исходя из своей неверной концепции, Арджентьери реконструировал «трубу Леонардо» и даже заключил, что она должна была давать увеличение в 1,41 раз!! Модель «реконструированной зрительной трубы Леонардо» демонстрировалась на винчизанской выставке в Милане в 1939 году. Несостоятельность предложенной Арджентьери реконструкции показал итальянский ученый С. Тимпанаро (Seb. Timpanaro. Un errore d'interpretazione d'una pagina di Leonardo. Scritti di storia e critica della scienza. Firenze, 1952, pp. 80—85). Следовательно, зрительной трубы системы Галилея Леонардо да Винчи, по всей видимости, не изобрел, так как в его распоряжении, судя по рисункам и их описанию, не было вогнутой линзы.

Но в рукописях Леонардо имеется рисунок, на котором явно изображена двухлинзовая зрительная труба с выдвигаемым тубусом. Объективом трубы служит выпуклая линза, окуляром — двояковыпуклая. Несомненно, перед нами — конструкция двухлинзовой зрительной трубы, известной сейчас как зрительная труба системы Кеплера. Подтверждают высказанное предположение и пояснения, сделанные Леонардо да Винчи к его рисункам. В рукописи «Атлантического ко-





## ВРАЩЕНИЕ МЕРКУРИЯ

Наиболее точно определил период вращения Меркурия Р. Клаасен (США). Его результат ( $58,6461 \pm 0,005$  дня) основан на анализе фотографий планеты, переданных космическим аппаратом «Маринер-10». В сущности Клаасен получил то же значение периода вращения, какое должно быть у Меркурия при условии, что продолжительность трех оборотов вокруг оси равна двум оборотам вокруг Солнца, каждый из которых планета делает примерно за 88 дней (58,6462 дня).

Клаасен определил и ориентацию в пространстве оси вращения Меркурия. Предварительные расчеты показывают, что если вращение Меркурия устойчиво, то ось вращения отклоняется от перпендикуляра к плоскости орбиты планеты меньше чем на один градус. Координаты северного небесного полюса Меркурия при условии, что он совпадает с северным полюсом орбиты:  $\alpha = 18^h 43,4^m$ ;  $\delta = +61^\circ 24'$  (между звездами  $\gamma$  и  $\delta$  Дракона).

«Sky and Telescope», 53, 1, 1977.

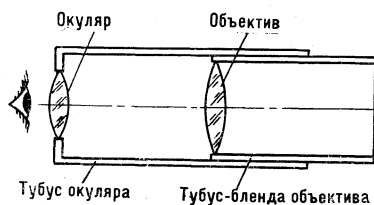
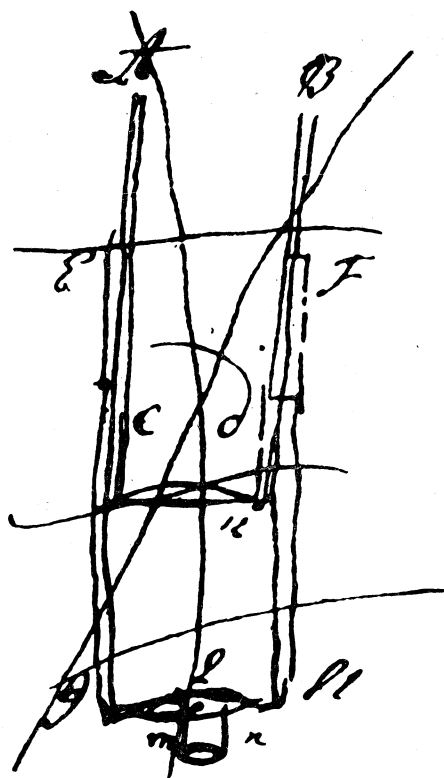


Схема зрительной трубы (рисунок Леонардо да Винчи). Обозначения: *cd* — линза объектива, *AB* — тубус-бленда объектива, *EF* — тубус окуляра, *тп* — хрусталик глаза наблюдателя, расположенный за линзой окуляра

Зрительная труба Леонардо да Винчи (реконструкция В. А. Гурикова)

декса», лист 190а, читаем: «Сделай очковые стекла (*ochiali*) для глаз, чтобы видеть Луну большой» (Leonardo da Vinci. «Il Codice Atlantico...», I Tavole, С. А. 190а). Здесь Леонардо явно говорит о зрительной трубе, причем не однолинзовой, а двухлинзовой, поскольку «очковое стекло» (линза) упомянуто не в единственном, а во множественном числе.

Итак, анализ рисунков и манускриптов Леонардо да Винчи дает основание полагать, что оптическая схема зрительной трубы с двумя выпуклыми линзами была впервые предложена Леонардо примерно в 1509 году, то есть более чем на 100 лет раньше, чем это сделал Кеплер.

В заключение хочу обратить внимание читателей на то, что многие из них уже заметили, рассматривая рисунок зрительной трубы Леонардо: рисунок перечеркнут крест-накрест и поперек. В рукописях Леонардо довольно часто встречается перечеркнутый им самим текст, что отнюдь не означает, будто Леонардо отказывается от своих идей или считает их неверными. «Часто,— отмечает переводчик рукописей Леонардо В. П. Зубов,— это означает, что он перенес написанное в другие (по большей части не дошедшие до нас) рукописи». Как знать, не посвятил ли Леонардо двухлинзовой зрительной трубе отдельный, не сохранившийся до нашего времени манускрипт?



Из русской

космической

поэзии

XIX века

## Алексей Степанович Хомяков

(1804—1860)

### ЗВЕЗДЫ

В час полночный, близ потока,  
Ты взгляни на небеса:  
Совершаются далеко  
В горнем мире чудеса.

Ночи вечные лампы  
Невидимы в блеске дня,  
Стройно ходят там громады  
Негасимого огня.

Но впивайся в них очами —  
И увидишь, что вдали,  
За ближайшими звездами,  
Тьмами звезды в ночь ушли.

Вновь взглядишь — и тьмы за тьмами  
Утомят твой робкий взгляд:  
Все звездами, все огнями  
Бездны синие горят.

В час полночного молчанья,  
Отогнав обманы снов,  
Ты взглядишь душой в писанья  
Галилейских рыбаков,—

И в объеме книги тесной  
Развернется пред тобой  
Бесконечный свод небесный  
С лучезарною красой.

Узришь: звезды мыслей водят  
Тайный хор свой вокруг Земли;  
Вновь взглядишь — другие всходят;  
Вновь взглядишь, и там, вдали,

Звезды мыслей, тьмы за тьмами,  
Всходят, всходят без числа,  
И зажжется их огнями  
Сердца дремлющая мгла.

1853



## Аполлон Александрович Григорьев

(1822—1864)

### КОМЕТА

Когда средь сонма звезд, размеренно и стройно,  
Как звуков перелив, одна вослед другой,  
Определенный путь свершающих спокойно,  
Комета полетит неправильной чертой,  
Недосоздѣнная, вся полная раздора,  
Невзнузданных стихий неистового спора,  
Горя еще сама и на пути своем  
Грозя иным звездам стремленьем и огнем.  
Что нужды ей тогда до общего смущенья,  
До разрушения гармонии?... Она  
Из лона отчего, из родника творенья  
В созданья стройный круг борьбою послана,  
Да совершит путем борьбы и испытанья  
Цель очищения и цель самосозданья.

1843

Рис. В. Перельштейна



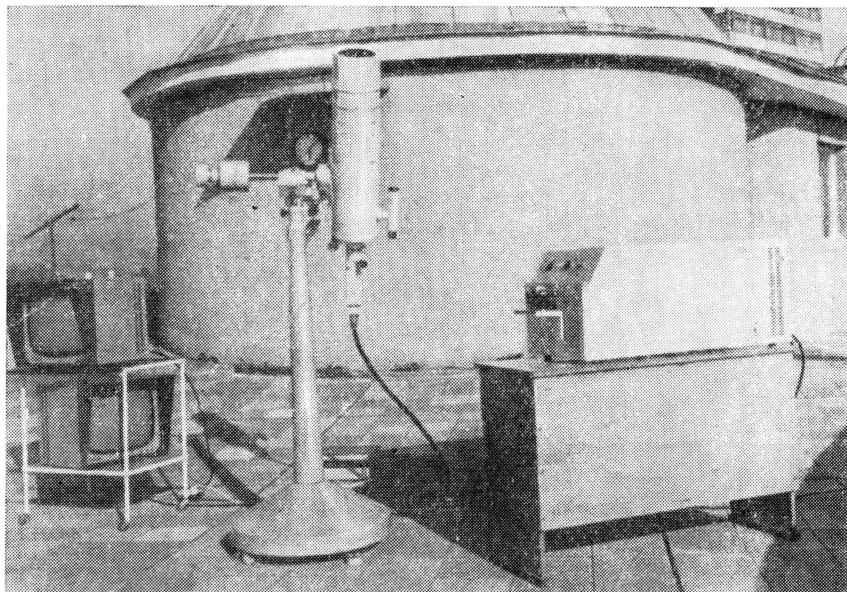
Г. МОМЧЕВ (НРБ)

## Телевизионные наблюдения в Народной обсерватории Ямбола

Телевидение дает возможность перенести изображение небесного светила, наблюдаемого в телескоп, на значительное расстояние — десятки и сотни метров, в просторное и отапливаемое помещение, где на телевизионных экранах его может увидеть неограниченное число зрителей. Этот метод особенно удобен при массовых наблюдениях — учебных и кружковых занятиях и демонстрации редких небесных явлений.

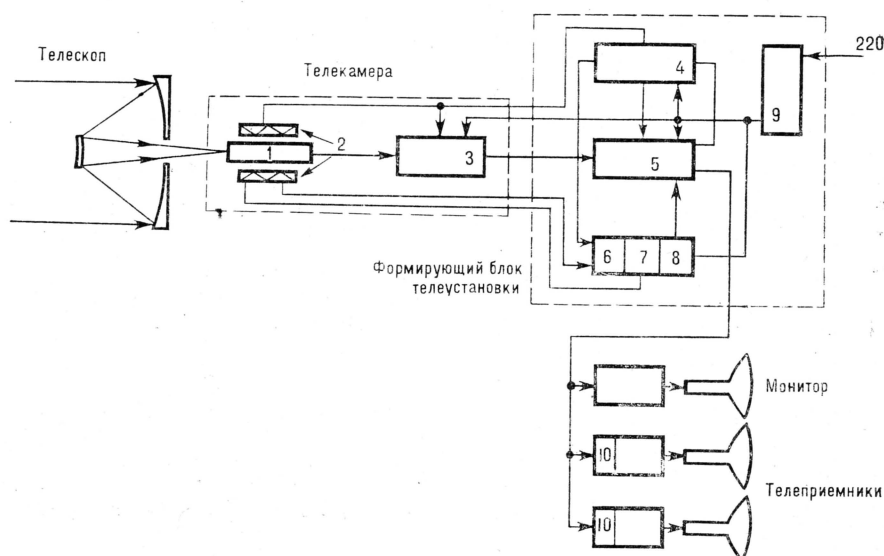
В 1973 году в Народной астрономической обсерватории и планетарии города Ямбол (Народная Республика Болгария) была создана экспериментальная установка для телевизионных наблюдений небесных светил. Оборудовать такую установку вполне по силам многим народным обсерваториям, да и обслуживание ее — дело не сложное.

Мы используем стандартную телевизионную аппаратуру, выпускаемую в Болгарии. Эта аппаратура включает: телекамеру КТП-200, видеоконтрольные приемники (мониторы) и фотоаппарат с широкоугольным объективом. Телевизионное оборудование установлено на 15-сантиметровом телескопе



Телевизионный телескоп Народной обсерватории в городе Ямболе

Блок-схема телевизионного телескопа: 1 — приемный видикон, 2 — фокусирующая и отклоняющая система, 3 — предварительный усилитель, 4 — светоавтоматика, 5 — видеоусилитель, 6 — генератор строчной развертки, 7 — генератор развертки по кадрам, 8 — генератор синхронизирующих импульсов, 9 — блок питания, 10 — высокочастотная приставка







производства народного предприятия «Карл Цейс Йена» ГДР.

Перед тем как укрепить телекамеру в фокусе телескопа, из нее удаляется объектив, а с телескопа снимается окулярный тубус. Специальное кольцо соединяет камеру с телескопом так, что фокальное изображение, создаваемое объективом телескопа, попадает точно на светоприемный слой передающей трубки. Кольцо позволяет делать тонкую фокусировку изображения на передающей трубке. Камера может поворачиваться вокруг оптической оси телескопа, одновременно поворачивается изображение на экране. Сигнал, выходящий из камеры, передается на мониторы.

Мы используем три монитора типа ВКП-200. Их разрешающая способность в среднем 700 линий. Один из мониторов находится на самом телескопе. Наблюдатель не только обслуживает телескоп, но и выполняет функции телеоператора по наводке и фокусировке изображения. Второй монитор можно назвать фотографическим. С его экрана производится фотографирование небесных светил на пленку. Экран этого монитора заключен в специальную трубку. Против экрана в трубке сделано небольшое отверстие, за которым укреплен фотоаппарат с широкоугольным объективом. Трубка предохраняет аппарат от постороннего освещения. Внутри нее смонтирован электронный фотоключ, изготовленный сотрудником Народной обсерватории Г. Чомаковым при любезном содействии Н. Ф. Купревича из Пулковской обсерватории. Этот ключ синхронно открывает затвор фотоаппарата, когда

на экране начинается построение очередного кадра.

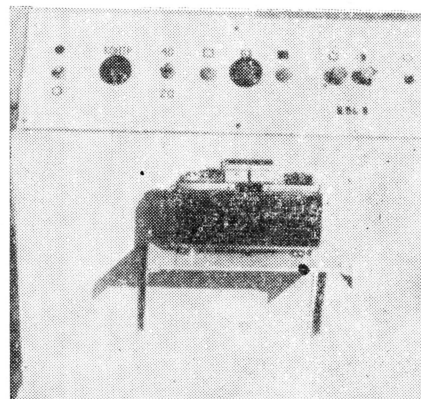
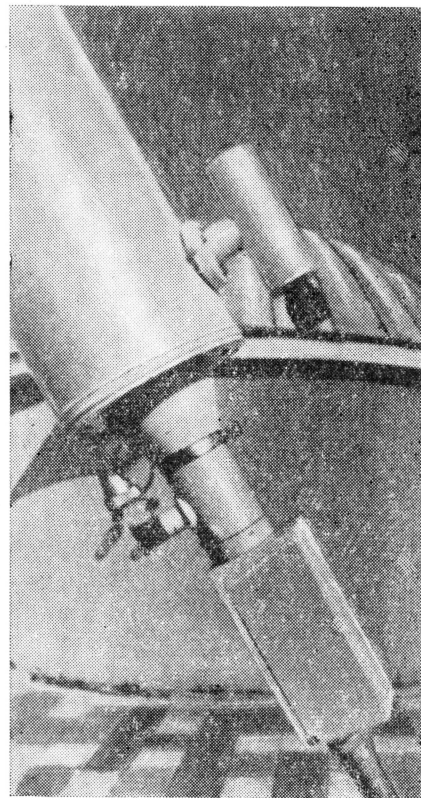
Третий монитор — наблюдательный или демонстрационный. Он установлен в лекционном зале, где проводятся кружковые занятия, встречи с посетителями и беседы. Вообще говоря, можно установить несколько демонстрационных мониторов или обычных телевизионных приемников с высокочастотной приставкой. Эта приставка модулирует видеосигнал от телекамеры на единую несущую частоту, после чего изображение может быть направлено по кабелю на телевизионные приемники.

В используемой у нас телекамере передающей трубкой служит видикон. Видикон во многом уступает другим передающим трубкам и в астрономической практике почти не применяется, но его обслуживание гораздо проще, и аппаратура, прикрепляемая к телескопу, в этом случае оказывается значительно компактнее, легче и дешевле.

Наблюдения, которые мы проводили до сих пор, показали достаточную стабильность и чистоту изображения. Наблюдали мы пока яркие звезды, Солнце, Луну и планеты — Венеру, Марс, Юпитер, Сатурн. Чтобы не повредить видикон при наблю-

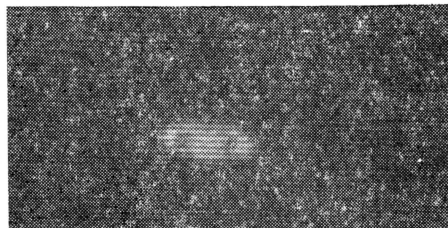
*Переходное кольцо, посредством которого телевизионная камера прикрепляется к телескопу. Внутри кольца имеется подвижное зеркало. При поиске объекта зеркало отклоняет изображение в окуляр кольца*

*Панель фотографического монитора с электронным фотоключом*



Л. И. ЛИТВИНОВА  
Н. А. ДЕРЕВЕНЬКО

## ШКОЛЬНЫЙ



Снимок Луны, сделанный 20 января 1976 года с экрана телевизионного телескопа

Телевизионное изображение Сатурна во время последнего противостояния в начале 1976 года

дениях Солнца, приходится диафрагмировать объектив телескопа и использовать еще солнечный фильтр.

Помимо 15-сантиметрового телескопа наша аппаратура работала и на другом инструменте — на 20-сантиметровом рефракторе Народной астрономической обсерватории в Старой Загоре.

Проводимые в нашей обсерватории телевизионные наблюдения всегда пользуются большим успехом. Особенно эффективны телевизионные наблюдения на кружковых занятиях. Обычно такие занятия предусматривают изучение темы «Телевизионная астрономия». Кружковцы получают новые знания по электронике, а во время телевизионных наблюдений не только фотографируют, но и делают зарисовки. Выполненные не в темной астрономической башне, а при нормальном освещении, на удобном рабочем столе, эти рисунки, бесспорно, ближе соответствуют виду светила в телескоп.

Эффективность телевизионных наблюдений в народных обсерваториях возрастет, если в самой обсерватории или вблизи нее имеется телевизионный передатчик или видеоманитофон. Тогда наблюдения, составленные по предварительному сценарию, могут быть использованы в телевизионной передаче. Хорошо подготовленная интересная телевизионная программа вводит астрономию в каждый дом.

Первый планетарий в свесской средней школе № 2 Ямпольского района Сумской области появился еще в 1954 году. Учителя и учащиеся школы сами изготовили точечный сферический аппарат для показа звездного неба. Этот переносной планетарий легко устанавливался в классной комнате или сельском клубе.

В 1959 году был сконструирован второй вариант планетария. Под его куполом уже можно было наблюдать не только звездное небо, но и суточное движение звезд, восход и заход Солнца, его перемещения по небу в разное время года, изменение длительности дня и ночи. На звездном небе планетария демонстрировались явления метеоров, движение искусственных спутников Земли. Здесь можно было наблюдать лунные и солнечные затмения.

Популярность планетария среди школьников и жителей поселка быстро росла. Под его маленьким куполом не помещались все желающие, и тогда решили построить стационарный планетарий. Строительство началось летом 1973 года. Строила вся школа. За 30 дней заложили фундамент и возвели стены. Изготовить купол помогли шефы — рабочие свесского насосного завода.

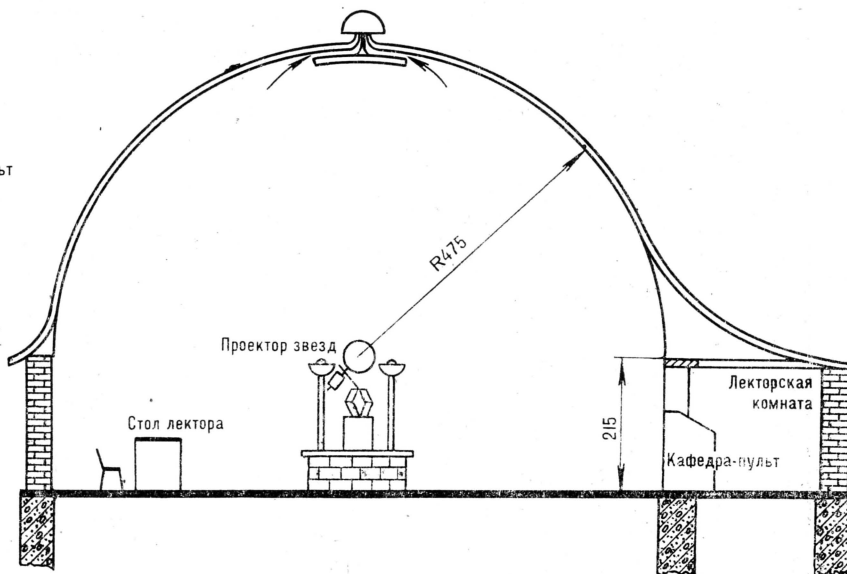
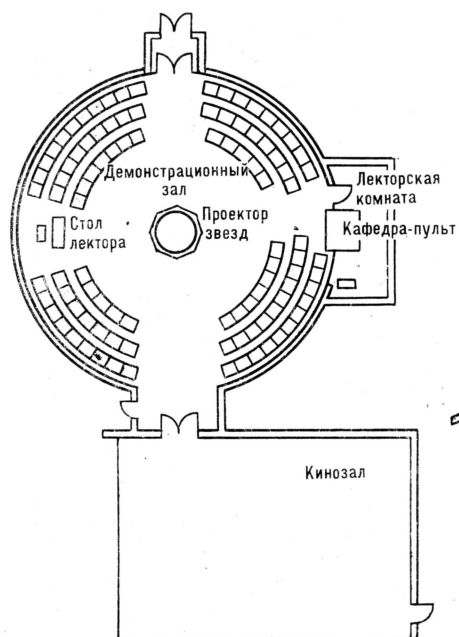
И вот территорию школы украсило новое куполообразное здание — планетарий. Его высота 7 м, диаметр 9,5 м, в нем размещаются 130 человек. Точечный проекционный аппарат уступил место более совершенной аппаратуре, которую ребята создали под руководством учителей. Пятьдесят фотообъективов «Индустар-61» проецируют на купол плане-

## планетарий в поселке Свесса

тария изображения 1000 звезд. На небе планетария можно наблюдать движения Солнца, Луны, планет Солнечной системы, полное солнечное затмение, полеты искусственных спутников Земли. Десятки проекторов воспроизводят цветную панораму

■ Планетарий свесской средней школы № 2

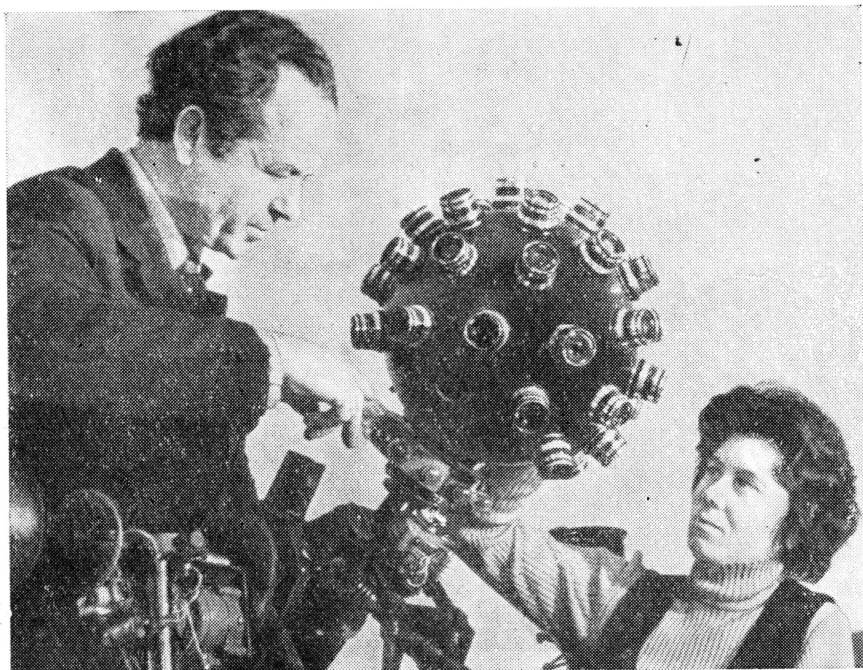
■ План здания школьного планетария (вид сверху и сбоку)











Москвы. Управление всей демонстрационной техникой осуществляется с полуавтоматического пульта. Чтобы соединить его с демонстрационными

*Астрономические наблюдения в школьном планетарии*

*Н. А. Деревенько — один из инициаторов создания школьного планетария в поселке Свесса — и лаборант А. Н. Савченко готовят аппаратуру к очередному занятию*

аппаратами, потребовалось около 6 км проводов.

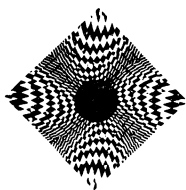
Планетарий был открыт 30 марта 1974 года. Он стал центром учебно-воспитательной работы с учащимися, центром распространения научных знаний и атеистической пропаганды среди населения.

Уроки астрономии, географии, природоведения проходят в планетарии особенно интересно. Планетарий значительно облегчает работу учителя. В нем можно демонстрировать то или иное небесное явление, которое изучается в данный момент школьниками. Например, показать, как изменяется картина звездного неба в течение

суток, как происходит восход, кульминация и заход Солнца в разные времена года, как устроена Солнечная система и т. д. В школьном планетарии ребята приобретают практические навыки ориентировки по звездному небу. Эти навыки закрепляются во время астрономических наблюдений. Занятия в планетарии сопровождаются демонстрацией диафильмов и диапозитивов. Все это помогает лучше усвоить учебный материал.

В планетарии часто проводятся беседы, лекции и вечера для школьников и местного населения. Сюда приходят, чтобы узнать о новостях науки и техники, о достижениях в исследовании Луны и планет космическими аппаратами. Учителя школы подготовили около 20 лекций. Особое внимание в них уделяется популяризации естественнонаучных знаний и атеистической пропаганде. На самую широкую аудиторию рассчитаны лекции «Наука и религия о строении Вселенной», «Происхождение Земли и других планет». Во время лекций устраиваются выставки литературы по научному атеизму.

Посещают школьный планетарий в поселке Свесса и жители близлежащих сел. В нем побывало уже свыше 8 тыс. человек.



ФАНТАСТИКА

Доктор медицинских наук  
Л. С. ХАЧАТУРЬЯНЦ  
Герой Советского Союза  
летчик-космонавт СССР,  
кандидат технических наук  
Е. В. ХРУНОВ

## На Фобос!

1997-й год. Организуется экспедиция на Марс. Из огромного числа желающих отбирается экипаж. Испытания выдержали шесть человек и среди них одна женщина — врач по специальности. После тщательной подготовки с использованием орбитальной станции с орбитального космодрома корабль «Вихрь» стартовал к Марсу. В стиле хроники, подробно, по дням рассказывается о перелете. Участники полета в течение семи месяцев (столько они летят к Марсу) преодолевают трудности, выпавшие на их долю, с честью выходят из аварийных ситуаций, отдыхают. С помощью новейших методов управления психическим состоянием человека им удается поддерживать бодрое настроение и хорошую работоспособность. Они побывают на Марсе и благополучно вернутся домой...

А пока при полете к Марсу на нем неожиданно разразилась сильнейшая песчаная буря. Они летали вокруг него, нервничали, ничего не делая, и ждали, когда буря утихнет. И вдруг появилась идея сесть на Фобос. Он рядом, время есть, потому что буря на Марсе, судя по всему, скоро не кончится. Электронно-вычислительная машина выдала, что лучше других с полетом на Фобос справятся четыре человека. Командир корабля выбрал Акопяна — бортинженера и внештатного корреспондента газеты «Космос». Земля дала «добро», и Акопян на автономной герметичной капсуле, которую они ласково называют «Аннушка», отправляется на Фобос.

И вот «Аннушка» отчаливает от «Вихря»...

Некоторое время они летят рядом, потом Акопян, слегка помахав крыльями солнечных батарей, дает тормозной импульс.

Все дальше и дальше уходит «Вихрь». И в черном небе уже не корабль, а маленькая, мерцающая точка. Минуты — и она пропала. Приблизившись к Фобосу, «Аннушка» быстро снижается...

Акопян летит на высоте пяти километров. Под ним темный, с коричневым оттенком рельеф маленькой планеты. «Горы», достигающие ста пятидесяти — двухсот метров, кратеры. Чем-то эти кратеры отличаются от лунных и марсианских... Но чем?

Акопян долго не мог догадаться. Это почему-то мучило его, а потом он вдруг понял: да не круглые они, а чуть-чуть вытянутые, почти овальные. Это небольшое отклонение от привычной геометрической формы и создавало какое-то странное, тревожное ощущение.

А склоны у кратеров очень пологие, гладкие. Акопян тут же решил, что сядет на одном из таких склонов. Нужно только выбрать — на каком.

Он включает тормозной двигатель, и «Аннушка» летит теперь совсем низко над бурными холмами Фобоса.

Небольшой ровный участок поверхности плавно переходит в поднимающийся склон кратера, горловина которого — впереди по курсу. У подножия кратера — россыпи камней. Да

Отрывок из научно-фантастической повести «Путь к Марсу», которую готовит к выходу в свет в конце 1977 года издательство «Молодая гвардия».

и камни ли это? На вид уж очень они плотные, и блеск металлический... Не глыбы ли это какого-то металла? Ближе к кратеру склон чище, глаже, кажется даже, что он полированный.

«Аннушка» переваливает через гребень.

С высоты восьмисот метров дно у кратера похоже на поле стадиона — овальное, с разрушенными трибунами и хозяйственными пристройками. А видимость просто сказочная!

Противоположный склон кратера, пожалуй, еще положе. А вот на нем площадка — почти идеальная для посадки!

— На следующем витке тут и сяду, — решил Акопян.

Он включил радиопеленг и послал инфракрасный сигнал. Не прошло и пяти минут, как из динамика раздался ясный, будто он рядом, голос Сергея Меркулова:

— Оба сигнала приняты. Привет!

Теперь на корабле все время будут знать, где находится «Аннушка».

Акопян тормозит.

Он уже видит «знакомые» места и ждет только появления кратера — стадиона.

— А вот и он!

«Аннушка» круто пошла на посадку.

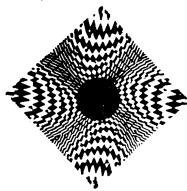
Гребень кратера проносится в каком-нибудь десятке метров от выпущенных гусениц.

— Чудесная посадочная площадка! «Аннушка» зависает.

Медленный, очень осторожный спуск.

Прямо перед Акопяном — экран телекамеры. И он видит, что, несмотря на работу двигателей, порода на месте посадки не шелохнется. Видит и кон-





## ФАНТАСТИКА

цы вытягивающихся щупов пневматических якорей-кошек.

Вот они касаются Фобоса.

Двигатели работают почти бесшумно. Так, теперь посадка.

Несильный толчок, якоря вгрызаются в твердую породу. «Аннушка» наклоняется на бок, но тут же выравнивается...

— На Фобосе!

...Акопян посмотрел на часы. Покачал головой:

— Размечтался, землянин!

На временной сетке экрана астроглобуса решалась навигационная задача.

— Так... Первый сеанс связи с «Вихрем» через пятнадцать минут... Трасса «Вихря»... Точное время посадки «Аннушки»... Расчет на взлет, на стыковку... Ага, старт с Фобоса... через 19 часов!

Экран общей проверки систем «Аннушки» светится приятным фиолетовым светом.

— Сейчас, сейчас...! Погас, значит, нарушений нет...

Акопян с удовольствием оглядывает маленькое хозяйство, с которым он явился на Фобос. Что и говорить, приятно вспомнить время, когда он участвовал в создании этой ракеты, а главное — новых систем сигнализации! И приборов-то на «Аннушке» — раз, два и обчелся, а все необходимое есть. И это потому, что здесь используются и музыкальные формулы, и цветовые сигналы, и даже запахи!

Акопян с аппетитом поел, проверил скафандр, опробовал космические сапоги-скороходы. По Фобосу не так-то просто ходить — невесомость.

Надев скафандр, он открыл крышку люка и двинулся к выходу, хотел было опуститься вниз, но поднял голову и... присел на порог.

— Испугался, Акопян, испугался,— говорил он себе несколько мгновений спустя. Ну и ну! Стихия! Дикая страсть! Неуемная сила природы и первозданная красота! Вот это небо!

Почти касаясь очень близкого горизонта, над Фобосом навис огромный, почти в треть небосвода, Марс.

Буро-багровый диск планеты словно размалеван небрежной кистью неведомого художника. Кое-где злое, с рваными краями «мазки» закручиваются в гигантские запятыя — там свирепствуют смерчи фантастической силы!

Заметно для глаза Марс движется по бездонному черному небу — узкая полоса у горизонта расходится, а другой край планеты уже почти в зените. Такой «лунищи» еще никто не видел!

— К делу, землянин, к делу,— сказал себе Акопян, чтобы немного успокоиться, и ступил на поверхность Фобоса.

Он установил регулятор сапог-скороходов на режим шага-прыжка: теперь он будет делать трехметровые шаги, поднимаясь над поверхностью не выше человеческого роста.

Ну, поехали!

Акопян включил двигатель, шагнул и довольно мягко и точно опустился у крайнего якоря «Аннушки». Наклонился.

— Какая все же твердая порода! Палубу корабля напоминает. Металл?

Он огляделся по сторонам. Небольшие глыбки такой же породы редкими кучками разбросаны на ме-

сте посадки. Справа от горизонтальной площадки, на которую села «Аннушка», — подножие круто поднимающегося откоса, а горизонт совсем рядом, близкий какой-то и очень низкий. И Марс навалился. Давит...

Акопян собрал в контейнеры куски породы, лежавшие неподалеку от места посадки, взял первые пробы грунта и «атмосферы» для химического анализа, заполнил специальный контейнер-термос, предназначенный для сохранения органической жизни, если она есть на Фобосе.

Закрепив контейнеры у гусеничного шасси «Аннушки», Акопян включил свой радиомаяк и направился к откосу. Что-то его туда тянуло.

Любопытно было бы со стороны наблюдать, как шагал Акопян. Его шаги выглядели вполне естественно, если бы не их необычные для Земли размеры.

Вот Акопян поставил правую ногу на поверхность Фобоса. Датчик, прикрепленный к подошве ботинка, мгновенно посылает команду двигателю подъема, и Акопян плавно взлетает. На высоте примерно полутора метров автоматически включается двигатель приземления. Описав полую дугу, Акопян опускается на левую ногу. И снова вверх и вперед.

— Так можно и кругосветное путешествие совершить вокруг Фобоса,— подумал Акопян. — Наибольшая длина-то у этой «картофелины» всего-навсего двадцать пять километров!

Подножие откоса. Почти отвесная стена, а сверху — небольшой козырек, нарост какой-то. Впечатление, что все это уж очень аккуратно «сделано». И правда, будто кто-то огромным ножом двумя разрезами сбоку





и сверху выбрал четверть из пологого склона кратера. Вот и получились горизонтальная площадка, на которую села «Аннушка», и этот вертикальный откос. Тут же у основания валялись «крошки» — куски породы, которые достигали трех метров в поперечнике.

Акопян включил телекамеру, укрепленную на гермошлеме. Теперь все, что здесь происходит, будет передаваться в эфир. Все это увидят на «Вихре», а при необходимости через его ретрансляторы можно будет показать и на Земле.

Он посмотрел вверх — Марс уже в зените. Потом взгляд заскользил вниз.

Совершенно гладкая стена откоса. Под козырьком — небольшое, около двух метров, полукруглое отверстие. Снизу козырька — какие-то выступы. Интересно... Но это — потом. Сейчас нужно выполнить все поручения.

Акопян не без труда отыскал среди яйцевидных глыб несколько небольших «булыжников» — так он их называл для простоты — и захватил их с собой. Затем в несколько прыжков добрался до «Аннушки» и положил «булыжники» и контейнеры в рабочий отсек.

— Все. Теперь назад.

Он сменил режим сапог-сорокодов, резко взмыл вверх, а потом медленно, почти по профилю откоса стал спускаться. Завис перед мглой полукруглого отверстия...

Вблизи это странное отверстие не казалось большим, и в глубину почти не просматривалось. Можно было только предположить, что это начало туннеля, идущего куда-то вниз, и что стены у него такие же гладкие, как

и все на этой маленькой марсианской луне. Нижний, горизонтальный край отверстия окаймлял невысокий, незаметный от основания откоса, порожек.

Совсем небольшой импульс двигателя — и Акопян плавно опустился на порожек туннеля.

Туннель круто идет вниз. А выступы на козырьке, что кнехты, которые до сих пор применяют для швартовки морских судов. Только эти «кнехты» были вверх ногами.

— Любопытно, — думал Акопян, — вроде похожи на металл, а сверху что-то мягкое.

Он вытащил инструмент, напоминающий обыкновенный нож, и поскоблил рыхлую, словно накипь, поверхность «кнехта». Один сантиметр, полтора, а дальше твердая порода.

Акопян включил фонарь, направил луч в глубину туннеля. — Так-то оно лучше.

Верхний свод и боковые стены туннеля такие же гладкие, как и все вокруг, а пол — волнистый: бугорки и впадины.

Обхватив рукой один из «кнехтов», Акопян стал на бугорок ногой. И нога провалилась в грунт чуть ли не по колено!

Он тут же выдернул ногу — мало ли чего!

И вдруг поднялось облако пыли... Пыли! А вся планета, как вылизана!

— Спокойно, Акопян, спокойно, — уговаривал он себя. Уселся на порожек и стал смотреть на клубящееся в луче прожектора облако.

Медленно, очень медленно оседала пыль. — Все же, хоть ничтожное, но притяжение здесь есть...

Облако опускалось все ниже, ниже.

Уже совсем успокоившись, Акопян наблюдал, как облако стекает вниз по туннелю, открывая его боковые стенки и свод. Но...

Он еще долго потом будет ломать голову, пытаясь разобраться, что же происходило с ним в этот момент, хотя внешне почти ничего не изменилось — он так и остался сидеть на порожке, сцепив руки на коленях.

— Я б-был у-жасно изумлен! — заикаясь, громко вдруг сказал он себе почему-то в прошедшем времени.

У него в мыслях и намека не было на то, что он на Фобосе первый, что здесь он один. — Объективная истина! Существует вне зависимости от твоего желания, и все! Но ЭТО...

— Спокойно! — говорил он вслух. — Это перила. Низенькие... Я был ужасно из-зумлен!.. Они, ЭТИ низкорослые... перила-то высотой сантиметров семьдесят. Так-так! Перила идут вниз вдоль боковой стены. Крепятся треугольными скобами. Каждая скоба примерно через три метра...

Луч прожектора метнулся к противоположной стене.

— Ба! Да они с обеих сторон!

— Акопян с ликованием в голосе закричал, забыв обо всем на свете:

— Ко мне пришел огромный слон! А перила-то с обеих сторон!

Тут он вспомнил, что включена телекамера и что его «содержательная» словесная информация разносится, может быть, по всему свету.

— Ну и ладно, — подумал он. Зато теперь понятно, что эти перила СДЕЛАНЫ, чтобы легче было передвигаться в условиях невесомости. Как наши леера! Факт! А вот кто сделал? Кому нужно удобнее передвигаться?

Когда? Вряд ли ОНИ сейчас здесь — пылица-то слежалась.

Акопян закрепил установку передвижения, инструменты и контейнеры у «кнехта» и, держась за перила, осторожно стал спускаться, внимательно разглядывая в свете прожектора стены туннеля.

Через несколько метров туннель привел его в небольшой зал. Ширина зала такая же, как и туннеля, но потолок выше. И плоский, не сводчатый.

Акопян сначала оглядел зал мельком, а потом стал тщательно, участок за участком осматривать его:

— Должна же быть какая-нибудь дверь! Люк, наконец! Ничего нет!

Держась за перила руками, он поднялся по туннелю, вынул инструменты и контейнеры. Аккуратно, чтобы не потревожить пыль, стал заполнять контейнеры.

— Так! Пробы пыли взяты. Перила... Инструмент сдает... Даже лазер не оставляет следа! Только несколько крошек, да и то, наверное, окарины удалось собрать в отдельный контейнер...

— Постой, перила-то подходят почти вплотную к стене...

Акопян взлезел к потолку и стал исследовать его стык со стеной.

— Та-ак! Дверь, крышка, лаз — вся стена! Она перекрывает вход КУДА-ТО!

Но стена была из того же материала, что и перила. Лазер его не брал...

Все оставшееся время Акопян передавал на «Вихрь» телевизионную информацию о Фобосе вместе со своими теперь уже более сдержанными комментариями.

Он считал, что его слушают и видят только друзья на корабле, но с пер-

вых же минут экспедиции Земля решила иначе. Репортаж с места события, первые впечатления — разве можно это заменить впоследствии километрами магнитной записи о виденном и сделанном! При таком репортаже огромную информацию несут сами эмоции, они позволяют уточнить полученные данные, восстанавливать недостающие фрагменты! Когда Акопян еще деловито «расхаживал» по «своему» Фобосу и комментировал увиденное в своей обычной, мягко выражаясь, слишком свободной манере, его открытие уже будоражило умы на далекой Земле, сталкивало мнения ученых, рождало планы смелых, даже фантастических экспедиций.

В Центр управления полетом пришло более десяти тысяч вопросов. Мощные биолого-вычислительные машины Академии наук, «отжав воду», «сконденсировали» их в несколько-минутную передачу на «Вихрь», и Акопяну долго теперь придется «отдуваться», отвечая на эту бездну вопросов.

...Возвратился Акопян благополучно.

Виктор Сергеевич, догадываясь, что творится в голове у бортинженера, решил не рисковать. Поэтому «Аннушку» подвели точно к «Вихрю», состыковали автоматы, и в рабочий отсек ввалился Акопян.

— Вот, слушайте, что я сочинил! — закричал он с порога:

Я был ужасно изумлен,

Когда на склоне дня

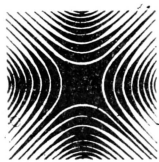
Ко мне пришел огромный слон  
И удивил меня!

— Ну, как? — Акопян сиял от удовольствия.

Судя по всему, лавры Меркулова не давали ему покоя даже на Фобосе.

— Хорошо! — Виктор Сергеевич добродушно улыбнулся. — Тебя же Земля слушала!

Рисунки А. КАПУСТКИНА



КОСМИЧЕСКАЯ  
ФИЛАТЕЛИЯ

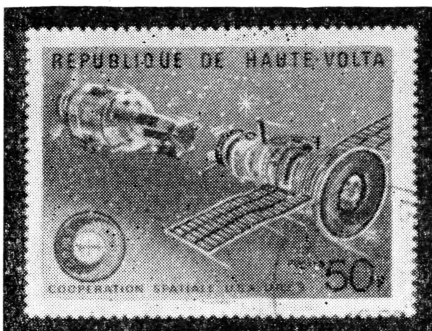
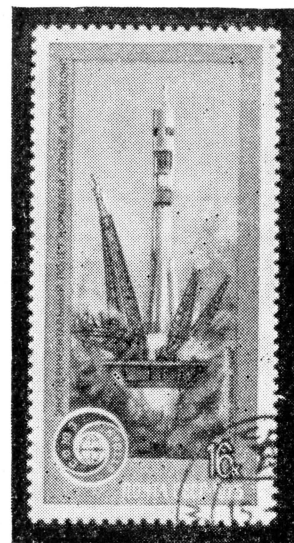
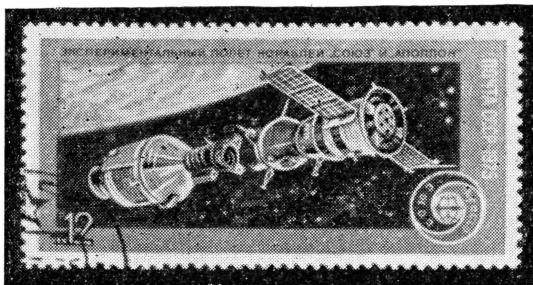
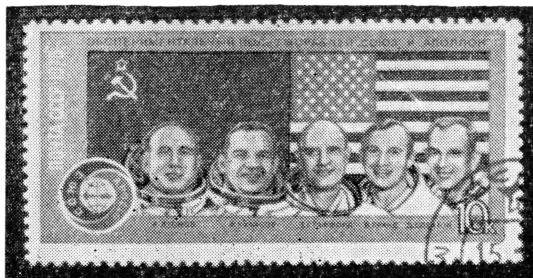
## «Союз» — «Аполлон» на почтовых миниатюрах

В нашей стране первая миниатюра, посвященная совместному советско-американскому эксперименту в космосе, вышла в марте 1975 года. Выполнена она по рисунку Р. Стрельникова «Полет космического корабля «Союз-16». На марке — корабль со специально созданным для ЭПАСа стыковочным агрегатом на фоне эмблемы программы и портреты членов экипажа — летчиков-космонавтов А. В. Филиппченко и Н. Н. Рукавишникова.

Следует отметить ошибку в цвете эмблемы: темно-вишневый вместо красного и сине-фиолетовый вместо синего. Ошибку исправили на следующей почтовой миниатюре в мае 1975 года. В левой части ее показана эмблема программы: красная и синяя ленты со словами «Союз» на русском и «Аполлон» на английском языках. Ленты опоясывают глобус с нанесенными на нем контурами космических кораблей. В центре помещена репродукция картины летчика-космонавта А. А. Леонова «Союз» — «Аполлон».

В июле поступили в обращение серия марок и блок (советский художник А. Аксамит и американский художник Р. Мак-Коол). На марках запечатлены этапы полета космических кораблей и портреты космонавтов. Марки с таким же рисунком, как и на сценке из двух марок этой серии, были изданы в США.

Министерство связи СССР выпустило в мае — июне 1975 года серию конвертов и провело 15 июля 1975 года специальные гашения в Москве, Калуге и Звездном городке в ознаменование совместного полета «Союз» — «Аполлон». Кроме того,





лон» — «Союз». Можно было также приобрести конверт с русской и английской надписью: «Союз» — «Аполлон». Два других конверта были выпущены по случаю приезда советских космонавтов в Центр пилотируемых полетов в апреле 1974 года. На одном — заседание советских космонавтов и американских астронавтов, ученых и инженеров, на другом — красочный круг, в центре которого надпись: «Аполлон» — «Союз».

Осенью 1975 года американские астронавты встретились в Звездном городке с филателистами клуба «Звездный городок», председатель которого — летчик-космонавт СССР Л. С. Демин. По согласованию с Министерством связи СССР, в Звездном городке подготовили два конверта, посвященные этому визиту.

Почтовые ведомства более чем 35 стран (Болгарии, Венгрии, Верхней Вольты, Германской Демократической Республики, Кубы, Польши, Румынии, США, Чехословакии) выпустили самую разнообразную продукцию, отражающую программу «Союз» — «Аполлон». К ней относятся не только марки с зубцами и без зубцов, но и блоки, сувенирные листки, конверты и различные надпечатки на марках.

**С. Б. АБРАМОВ**

были выпущены конверты первого дня (конверт первого дня — конверт, на котором марка погашена календарным или специальным почтовым штемпелем в первый день выпуска марки в обращение), на которых художник Ю. Ряховский изобразил космические корабли на фоне Земли и Луны. (Художественный штемпель первого дня повторил эмблему программы.)

Ко Дню космонавтики в 1976 году был подготовлен авиаконверт, в правой части которого на фоне Земли показаны расстыкованные советский и американский корабли, а над ними — межпланетная станция «Марс».

На марке «Международное сотрудничество в космосе» из серии «15-летие первого в мире полета человека в космос» (художник Р. Стрельников) мы вновь видим «Союз» и «Аполлон». Сюжет этой миниатюры в основном повторяет сюжет авиаконверта, только вместо станции «Марс»

изображен спутник серии «Интеркосмос». На конверте первого дня — надпись: «Международное сотрудничество в космосе», а вместо космической системы «Союз» — «Аполлон» нарисована эмблема программы.

В городах нашей страны проводились филателистические выставки, посвященные программе «Союз» — «Аполлон». В Новосибирске выставку открыли в день старта космических кораблей 15 июля 1975 года. К этому событию подготовили конверт с текстом: «В 1929 году в Новосибирске вышла книга Ю. В. Кондратюка «Завоевание межпланетных пространств», вошедшая в сокровищницу научных трудов по ракетной технике».

Выставка была проведена 28—29 сентября 1974 года и в Хьюстоне, в Центре пилотируемых полетов. Для гашения применялся специальный штемпель, на котором изображены космические корабли перед стыковкой и текст: «Эксперимент «Апол-





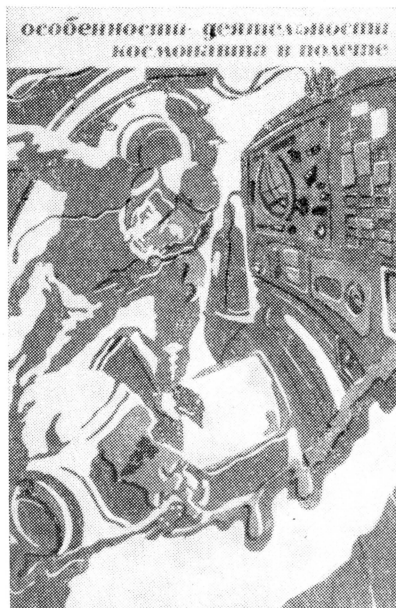
КНИГИ  
О ЗЕМЛЕ  
И НЕБЕ

## Человек и космос

В 1976 году в издательстве «Машиностроение» вышел сборник «Особенности деятельности космонавта в полете» под редакцией члена-корреспондента АН СССР профессора Б. Ф. Ломова, летчика-космонавта СССР, кандидата технических наук А. Г. Николаева и доктора медицинских наук Л. С. Хачатурьянца. Авторы статей, вошедших в сборник, — специалисты, занятые в различных областях космических исследований, избрали, на наш взгляд, оптимальный способ изложения материала. Здесь и первичные данные, и статистически обработанные, представленные в таблицах, графиках, номограммах. Есть в нем и теоретические положения и практические рекомендации.

Особенность сборника состоит в том, что авторы — космонавты приводят данные, полученные ими в условиях реального полета (А. Г. Николаев, Е. В. Хрунов). Так, А. Г. Николаев сообщает уникальные сведения, собранные им во время двух космических полетов, о двигательном анализаторе и зрении, делает удачную попытку объяснить механизм наблюдаемых изменений. Большой интерес представляют работы, посвященные управлению психическим состоянием человека, созданию «психической модели» невесомости, использованию перспективной психофизиологической аппаратуры и методики для диагностики состояния космонавта-оператора.

Читателей, конечно, привлечет и то, что отдельные главы книги, выводы и теоретические положения — это итог десятилетней работы по подготовке и реализации космических полетов, изучению труда космонавтов



в условиях полета в околоземном космическом пространстве.

Необходимо отметить, что большинство авторов описывают новые методические приемы исследования деятельности космонавта, моделирования условий их работы, которые уже находят применение и в других областях психофизиологии труда, инженерной психологии. С помощью таких методов и приемов, а также модификации известных методов они делают попытку решить задачи современной психофизиологии труда, обобщить оценки деятельности оператора по различным психологическим, медико-биологическим и техническим показателям.

Исследования на пилотируемых космических кораблях ведутся в не-

скольких основных направлениях. С одной стороны, ученые пытаются прогнозировать условия деятельности космонавта в полете, более подробно изучить функции и свойства центральной нервной системы космонавта под действием факторов космического полета. Это направление представлено в первом разделе сборника «Общие проблемы исследования деятельности космонавта». Здесь следует отметить работы Л. С. Хачатурьянца и Е. В. Хрунова. Проанализировав условия деятельности космонавтов во всех проведенных полетах, они выявили предпосылки к летным происшествиям и оценили надежность отдельных звеньев сложной системы управления Земля — корабль — космонавт. Это большой вклад в организацию работ, связанных с повышением безопасности полетов. Ими же впервые разработана схема структурных элементов, составляющих основу этой безопасности. Большой интерес представляет статья А. Г. Николаева, в которой анализируются условия наблюдения вне корабля. Впервые рассматривается такая необходимая для управления кораблем функция, как зрительно-двигательная координация. А. Г. Николаев показал, что на надежность координации влияет не столько невесомость, сколько отсутствие опоры. Эти сведения очень важны для конструкторов космической техники.

В статье В. П. Завальнюка с соавторами впервые исследован труд космонавта как летчика, что позволяет прогнозировать надежность и тренированность космонавта.

Очень интересен первый раздел «Общие проблемы исследования деятельности космонавта», где описано

## ПРОБЛЕМЫ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

В 1976 году Гидрометеопроиздат выпустил книгу доктора географических наук, профессора Х. П. Погосяна «Циклоны». Книга, написанная просто и доступно, затрагивает многие вопросы синоптической метеорологии. В центре повествования рассказ о таких погодообразующих факторах, как циклоны и антициклоны. Многие вопросы изложены на основе собственных исследований автора, длительное время изучавшего внетропические вихри. Автор последовательно рассматривает основные свойства земной атмосферы, знакомит читателей со структурой барического поля, картами погоды, высотными фронтальными зонами и атмосферными фронтами. В книге приводятся сведения об открытии и истории исследования циклонов, о районах их наиболее частого возникновения, а также современные данные о природе циклонов и антициклонов. Читатель узнает о том, как циклоны и антициклоны сами участвуют в переносе тепла и влияют на перенос тепла океаническими течениями.

Один из заключительных разделов книги Х. П. Погосяна посвящен новым методам исследования атмосферных вихрей и проблеме прогноза погоды.

## ШКОЛЬНИКАМ — О ЛУНЕ

В 1976 году издательство «Просвещение» выпустило книгу кандидата педагогических наук, доцента Ф. Ю. Зигеля «Лунные горизонты». Эта книга для внеклассного чтения. Она адресована учащимся 8–10 классов.

Прочитав книгу Ф. Ю. Зигеля, ребята узнают об истории исследования Луны, о природе нашего спутника, лунных картах, ознакомятся с рельефом и внутренним строением Луны. Несколько разделов книги посвящены освоению Луны средствами космонавтики. В них рассказывается о полетах автоматических станций и пилотируемых космических кораблей, приводятся сведения о лунном грунте, сообщается о перспективах освоения Луны.

В книге четыре основных раздела: «Наш спутник», «Пейзажи соседнего мира», «Начало лунной одиссеи» и «Филиал Земли». Школьники найдут в книге краткие указания, которые помогут им самостоятельно изучить поверхность Луны в бинокль или небольшой телескоп.

внушение оператору состояния невосможности (Л. П. Гримак и Л. С. Хачатурьянц), а также работы по режиму труда и отдыха космонавта (В. А. Бодров), по обоснованию искусственной силы тяжести в полете (Г. Ф. Макаров).

Опираясь на полученные данные, авторы пытаются так синтезировать отдельные стороны профессии космонавта, чтобы не снизить эффективность его деятельности. Этому направлению посвящены второй «Некоторые перспективные методы исследования деятельности космонавта-оператора» и третий «Динамические характеристики двигательного канала связи космонавта-оператора» разделы сборника. Перспективные методы исследования деятельности космонавта (В. Г. Волков, Е. А. Иванов, Н. Н. Лебедева, Ю. Б. Пиковский, В. А. Попов, Л. С. Хачатурьянц). Наиболее ярко это выражено в статье Е. В. Хрунова, Н. Ф. Романтеева, В. В. Шевченко, А. В. Бухонкина. Предлагая использовать в качестве линии навигационного отсчета границы светящегося пепельного слоя ночного горизонта (эмиссионное излучение ночной атмосферы образует у горизонта пепельно-серый светящийся слой), авторы приводят основные данные для расчета. Даются расчеты, проведенные экипажами космических кораблей; при этом авторы отмечают, что для повышения точности и эффективности решения задач навигации человек должен пройти специальный комплекс тренировок, в том числе при моделировании действия факторов

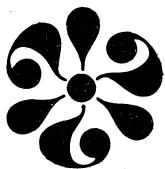
при большой интерес представляю исследования работоспособности зрения космонавта (В. М. Казачков, В. И. Метлик, Л. С. Хачатурьянц, Е. Н. Хлудеев). Примененные ими методы в условиях переменных характеристик спектрального состава отраженного света значительно снижают время распознавания тест-объектов и повышают качество выполнения этих операций.

И, наконец, главное направление — стратегическое. На основании полученных данных необходимо создать теорию, опираясь на которую, можно было бы не только прогнозировать надежность человека в системе управления космической техникой, но и моделировать деятельность космонавта-оператора. К сожалению, эти вопросы лишь слегка затронуты в статьях М. М. Сильвестрова о системах ручного управления, Г. П. Владычина с соавторами об управлении космическими летательными аппаратами при снижении в атмосфере, Л. С. Хачатурьянца об адаптационных флуктуациях.

О космосе написано много, но в рецензируемом сборнике впервые показан рабочий космос, динамика функций космонавта в полете и его возможности. К числу достоинств сборника следует отнести отличное оформление книги, прекрасные выполненные графики и рисунки.

**Профессор Е. М. ЮГАНОВ**  
**Герой Советского Союза**  
**летчик-космонавт СССР**  
**В. Г. ЛАЗАРЕВ**

В четвертом разделе сборника «О состоянии зрительного канала свя-



ОТВЕТЫ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

## ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ НАУЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В редакцию поступают письма с просьбой продолжить публикацию сводных данных о космических экспериментах («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 86—92.—Ред.). По нашей

просьбе таблицу запусков советских искусственных спутников Земли, предназначенных для решения разнообразных научных задач, подготовил старший научный сотрудник Институ-

та космических исследований АН СССР В. Д. Перов.

В советских космических исследованиях широко используются унифицированные искусственные спутники Земли серии «Космос». К настоящему времени на орбиты выведено свыше 900 таких спутников. В небольшой таблице просто невозможно привести данные о всех этих аппаратах. Поэтому в таблицу включены только наиболее интересные с научной точки зрения ИСЗ серии «Космос».

В следующих номерах журнала читатели найдут сведения о полетах пилотируемых кораблей и орбитальных станций, а также автоматических станций для исследования Луны и планет.

| №<br>п/п | Наименование<br>космического<br>аппарата      | Дата запуска<br>и возвращения<br>(прекращения<br>существования)<br>время москов-<br>ское | Начальные параметры<br>орбиты |                |                       |                               | Основные задачи эксперимента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Примечание                |
|----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|          |                                               |                                                                                          | апогей,<br>км                 | перигей,<br>км | наклоне-<br>ние, град | период<br>обраще-<br>ния, мин |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                           |
| 1.       | Первый искус-<br>ственный<br>спутник<br>Земли | 4.X.1957—<br>4.I.1958                                                                    | 947                           | 228            | 65,1                  | 96,17                         | Проверка теоретических расче-<br>тов и технических решений, при-<br>нятых при создании ракет-носи-<br>телей и ИСЗ, исследование верх-<br>ней атмосферы и ионосферы                                                                                                                                                                                                    | Масса спутника<br>6483 кг |
| 2.       | Второй искус-<br>ственный<br>спутник<br>Земли | 3.XI.1957—<br>14.IV.1958                                                                 | 1671                          | 225            | 65,3                  | 103,75                        | Исследование излучения Солн-<br>ца в ультрафиолетовом и рентге-<br>новском диапазонах, космических<br>лучей, влияния условий полета<br>на организм высшего животного<br>(собака Лайка)                                                                                                                                                                                |                           |
| 3.       | Третий искус-<br>ственный<br>спутник<br>Земли | 15.V.1958—<br>6.IV.1960                                                                  | 1881                          | 226            | 65,2                  | 105,95                        | Изучение параметров верхней<br>атмосферы, заряженных частиц,<br>электростатического и магнитно-<br>го полей Земли, корпускулярного<br>излучения Солнца, первичных<br>космических лучей, метеорного<br>вещества                                                                                                                                                        |                           |
| 4.       | Тяжелый<br>спутник                            | 4.II.1961—<br>26.II.1961                                                                 | 328                           | 223            | 64,95                 | 89,8                          | Отработка конструкции косми-<br>ческих кораблей                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                           |
| 5.       | «Космос-1»                                    | 16.III.1962—<br>25.V.1962                                                                | 980                           | 217            | 49                    | 96,35                         | Программа исследований с по-<br>мощью ИСЗ серии «Космос» вклю-<br>чает: исследование верхней ат-<br>мосферы и ионосферы, магнито-<br>сферы, радиационного пояса, из-<br>лучения Солнца, космических лу-<br>чей, метеорного вещества, воз-<br>действия условий космического<br>полета на живые организмы, от-<br>работку систем и конструкции<br>космических аппаратов |                           |
| 6.       | «Космос-7»                                    | 28.VII.1962—<br>1.VIII.1962                                                              | 369                           | 210            | 65                    | 90,1                          | Исследовался уровень радиации<br>после американского ядерного<br>взрыва в космосе для контроля<br>радиационной обстановки в ка-<br>нун запуска кораблей «Восток-3,<br>-4»                                                                                                                                                                                             |                           |

| №<br>п/п | Наименование<br>космического<br>аппарата | Дата запуска<br>и возвращения<br>(прекращения<br>существования)<br>время москов-<br>ское | Начальные параметры<br>орбиты |                |                       |                               | Основные задачи эксперимента                                                                                                                                                                                               | Примечание                                                                                              |
|----------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                          |                                                                                          | апогей,<br>км                 | перигей,<br>км | наклоне-<br>ние, град | период<br>обраще-<br>ния, мин |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |
| 7.       | «Космос-23»                              | 13.XII.1963—<br>27.III.1964                                                              | 613                           | 240            | 49                    | 92,9                          | Проводились испытания систе-<br>мы ориентации и стабилизации,<br>узлов и агрегатов энергосистемы<br>метеоспутников                                                                                                         | Спутник запущен<br>на круговую орби-<br>ту. Предпола-<br>гаемый срок су-<br>ществования<br>около 50 лет |
| 8.       | «Космос-49»                              | 24.X.1964—<br>22.VIII.1965                                                               | 490                           | 260            | 49                    | 91,83                         | Измерялись параметры магнит-<br>ного поля Земли                                                                                                                                                                            |                                                                                                         |
| 9.       | «Космос-108»                             | 11.II.1966—<br>21.XI.1966                                                                | 865                           | 227            | 48,9                  | 95,3                          | Исследовались параметры верх-<br>ней атмосферы, их зависимость<br>от высоты, времени суток и сол-<br>нечной активности, солнечное из-<br>лучение, эрозия оптических эле-<br>ментов                                         |                                                                                                         |
| 10.      | «Космос-110»                             | 22.II.1966—<br>16.III.1966                                                               | 904                           | 187            | 51,9                  | 95,3                          | Изучались механизмы регуля-<br>ции, работа сердца и системы<br>кровообращения при воздейст-<br>вии длительной невесомости, по-<br>вышенной радиации и других<br>факторов на организм животных<br>(собаки Ветерок и Уголек) |                                                                                                         |
| 11.      | «Космос-122»                             | 25.VI.1966                                                                               | 625                           | 625            | 65                    | 97,1                          | Испытывалась в действии си-<br>стема получения спутниковой ме-<br>теорологической информации и<br>использование ее в оперативной<br>службе погоды                                                                          |                                                                                                         |
| 12.      | «Космос-186»                             | 27.X.1967—<br>31.X.1967                                                                  | 235                           | 209            | 51,7                  | 88,7                          | В совместном полете впервые<br>выполнена стыковка на орбите<br>двух автоматических аппаратов.                                                                                                                              |                                                                                                         |
|          | «Космос-188»                             | 30.X.1967—<br>2.XI.1967                                                                  | 276                           | 200            | 51,68                 | 88,97                         | Проводилась отработка обору-<br>дования, предназначенного для<br>стыковки космических кораблей<br>и создания орбитальных станций                                                                                           |                                                                                                         |
| 13.      | «Космос-215»                             | 19.IV.1968—<br>30.VI.1968                                                                | 426                           | 261            | 48,5                  | 91,1                          | Исследовалось излучение горя-<br>чих звезд, рентгеновское излуче-<br>ние, солнечное излучение, рассе-<br>янное верхней атмосферой                                                                                          |                                                                                                         |
| 14.      | «Космос-243»                             | 23.IX.1968—<br>4.X.1968                                                                  | 319                           | 210            | 71,3                  | 89,6                          | Проводились комплексные гло-<br>бальные исследования атмосфе-<br>ры и подстилающей поверхности<br>в инфракрасном и радиотепловом<br>диапазонах длин волн                                                                   |                                                                                                         |
| 15.      | «Космос-261»                             | 20.XII.1968—<br>12.II.1969                                                               | 670                           | 217            | 71                    | 93,1                          | Изучалась верхняя атмосфера<br>Земли и природа полярных сия-<br>ний. Это был первый спутник, за-<br>пущенный в рамках программы<br>«Интеркосмос»                                                                           | («Земля и Все-<br>ленная», № 6,<br>1976, с. 86—92. —<br>Ред.)                                           |
| 16.      | «Космос-321»                             | 20.I.1970—<br>23.III.1970                                                                | 507                           | 280            | 71                    | 92                            | Исследовались геомагнитное по-<br>ле, магнитные бури, полярные сия-<br>ния, параметры ионосферы                                                                                                                            |                                                                                                         |
| 17.      | «Космос-381»                             | 2.XII.1970                                                                               | 1023                          | 985            | 74                    | 105                           | Проводились комплексные ис-<br>следования структуры внешней<br>ионосферы и протекающих в ней<br>волновых процессов, взаимодей-<br>ствия плазмы с потоком иони-<br>зующего излучения, оценка ра-<br>диационной обстановки   |                                                                                                         |
| 18.      | «Космос-428»                             | 24.VI.1971—<br>6.VII.1971                                                                | 271                           | 208            | 51,8                  | 89,1                          | Исследовались источники жест-<br>кого рентгеновского излучения.<br>Эксперименты обнаружили новый<br>вид рентгеновских переменных<br>источников                                                                             | Предполагаемый<br>срок существова-<br>ния около 1200 лет                                                |



| №<br>п/п | Наименование<br>космического<br>аппарата | Дата запуска<br>и возвращения<br>(прекращения<br>существования)<br>время москов-<br>ское | Начальные параметры<br>орбиты |                |                       |                               | Основные задачи эксперимента                                                                                                                                                                                                                                 | Примечание                                                                                                                                |
|----------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                          |                                                                                          | апогей,<br>км                 | перигей,<br>км | наклоне-<br>ние, град | период<br>обраще-<br>ния, мин |                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                           |
| 19.      | «Космос-461»                             | 2.XII.1971                                                                               | 524                           | 490            | 69,2                  | 94,6                          | Изучались пространственные, временные и спектральные характеристики гамма-излучения атмосферы, проводилась оценка величины потока первичных космических гамма-квантов                                                                                        | Предполагаемый срок существования около 10 лет                                                                                            |
| 20.      | «Космос-605»                             | 31.X.1973—<br>22.XI.1973                                                                 | 424                           | 221            | 62,8                  | 90,7                          | Исследовалось влияние условий полета на состояние животных (черепах и крыс), изучались биологические ритмы роста микроорганизмов                                                                                                                             |                                                                                                                                           |
| 21.      | «Космос-690»                             | 22.X.1974—<br>12.XI.1974                                                                 | 389                           | 223            | 62,8                  | 90,4                          | Изучалась чувствительность живых организмов к воздействию ионизирующего излучения в условиях космического полета                                                                                                                                             |                                                                                                                                           |
| 22.      | «Космос-782»                             | 25.XI.1975—<br>15.XII.1975                                                               | 405                           | 227            | 62,8                  | 90,5                          | Проводилось исследование воздействия на живые организмы факторов космического полета. На спутнике были размещены биологические объекты СССР, ЧССР, США, Франции                                                                                              |                                                                                                                                           |
| 23.      | «Полет-1»                                | 1.XI.1963                                                                                | 1437                          | 339            | 58,92                 | 102,5                         | Отработка конструкции, систем и оборудования космических аппаратов, осуществляющих широкое маневрирование в ходе орбитальных полетов                                                                                                                         | Срок существования около 25 лет                                                                                                           |
| 24.      | «Полет-2»                                | 12.IV.1964—<br>9.VI.1966                                                                 | 500                           | 310            | 58,06                 | 92,4                          | Совершенствование систем и оборудования аппаратов, маневрирующих в космосе, отработка методов сближения и встречи на орбите                                                                                                                                  | Для ИСЗ «Полет-1, -2» приведены параметры орбит после завершения маневрирования                                                           |
| 25.      | «Электрон-1»<br>«Электрон-2»             | 30.I.1964<br>30.I.1964                                                                   | 7100<br>68 200                | 406<br>460     | 61<br>61              | 169<br>1360                   | Комплексное исследование зоны захваченной радиации (радиационного пояса), солнечного излучения, космических лучей, магнитного поля Земли, физических условий в верхних слоях атмосферы                                                                       | Аппараты выведены на орбиту одной ракетой-носителем<br>Предполагаемый срок существования «Электрона-1» — 200 лет, «Электрона-2» — 30 лет  |
| 26.      | «Электрон-3»<br>«Электрон-4»             | 11.VII.1964<br>11.VII.1964                                                               | 7040<br>66 235                | 405<br>459     | 60,87<br>60,87        | 168<br>1314                   | Продолжение и развитие экспериментов, начатых при полете ИСЗ «Электрон-1, -2»                                                                                                                                                                                | Аппараты выведены на орбиты одной ракетой-носителем<br>Предполагаемый срок существования «Электрона-3» — 200 лет, «Электрона-4» — 23 года |
| 27.      | «Протон-1»                               | 16.VII.1965—<br>11.X.1965                                                                | 627                           | 190            | 63,5                  | 92,45                         | Исследование космического излучения сверхвысокой энергии, в том числе солнечных космических лучей, их радиационной опасности, первичных космических лучей, ядерного взаимодействия космических частиц, электронов и гамма-лучей галактического происхождения | Масса станции свыше 12 т, наибольший по тому времени груз, доставленный на орбиту                                                         |

| Окончание |                                                                       |                                                                                          |                                                     |                                 |                            |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| №<br>п/п  | Наименование<br>космического<br>аппарата                              | Дата запуска<br>и возвращения<br>(прекращения<br>существования)<br>время москов-<br>ское | Начальные параметры<br>орбиты                       |                                 |                            |                                      | Основные задачи эксперимента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Примечание                                                                      |
|           |                                                                       |                                                                                          | апогей,<br>км                                       | перигей,<br>км                  | наклоне-<br>ние, град      | период<br>обраще-<br>ния, мин        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                 |
| 28.       | «Протон-2»                                                            | 2.XI.1965—<br>6.II.1966                                                                  | 637                                                 | 191                             | 63,5                       | 92,6                                 | Продолжение исследований, проверка и уточнение данных, полученных станцией «Протон-1». Объем научной информации в сотни раз превышает информацию, полученную в предыдущем полете<br>Продолжение и развитие исследований, выполненных на ИСЗ «Протон-1, -2». Значительно увеличены возможности научной аппаратуры, установлены приборы для поиска фундаментальных частиц (кварков)<br>Изучение характеристик космических лучей и электронов высокой энергии, исследование взаимодействия космических частиц и ядер веществ (водород, углерод, железо). Поиск кварков<br>ИСЗ серии «Прогноз» предназначены для изучения Солнца и солнечно-земных связей, включая регистрацию рентгеновского и гамма-излучения, испускаемого одновременно со вспышками, солнечных космических лучей, частиц высокой энергии и плазмы солнечного ветра вне и внутри магнитосферы, исследования радиоизлучения, измерения проникающей радиации по трассе полета | Масса свыше 12 т                                                                |
| 29.       | «Протон-3»                                                            | 6.VII.1966—<br>16.IX.1966                                                                | 630                                                 | 190                             | 63,5                       | 92,5                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Масса свыше 12 т                                                                |
| 30.       | «Протон-4»                                                            | 16.XI.1968—<br>24.VII.1969                                                               | 495                                                 | 255                             | 51,5                       | 91,75                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Масса станции<br>около 17 т                                                     |
| 31.       | «Прогноз»<br>«Прогноз-2»<br>«Прогноз-3»<br>«Прогноз-4»<br>«Прогноз-5» | 14.IV.1972<br>29.VI.1972<br>15.II.1973<br>22.XII.1975<br>25.XI.1976                      | 200 000<br>200 000<br>200 000<br>199 000<br>199 000 | 950<br>550<br>590<br>634<br>510 | 65<br>65<br>35<br>65<br>65 | 5820<br>5820<br>5783<br>5740<br>5713 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Предполагаемый<br>срок существова-<br>ния спутников<br>типа «Прогноз»<br>10 лет |

**Не забудьте**

**вовремя оформить подписку**

**на журнал**

**«Земля и Вселенная»**

**на 1978 год.**

Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати. Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщить в Центральную контору «Академкниги» по адресу:  
Москва, Центр,  
Большой Черкасский переулок, 2/10.

Подписная цена на год — 3 руб.

на полгода — 1 руб. 50 коп.

Цена одного номера — 50 коп.

## Мы-астрономы. Кто мы?

Астрономы — это те, кто думают, будто исследуют Вселенную, тогда как большинство людей уверено, что люди этой профессии предсказывают погоду. Я убеждался в этом сотни раз, когда собеседники, терпеливо выслушав мой рассказ о вспышке последней Новой звезды, прощаясь, спрашивали, брать ли завтра на работу зонтик.

Подобное неведение не мешает, однако, лучшей части человечества настойчиво искать пути в астрономию. Как ни строги профессиональные табу нашего цеха, число желающих стать его мастерами велико. Притягательная сила астрономии кроется в доступности и почти запланированной регулярности открытий. Не делают открытия в этой науке лишь очень способные неудачники. Несколько гарантированных в год комет, Новых и Сверхновых звезд, рентгеновских источников или квазаров — вот «дежурное меню» для изысканного вкуса открывателя. Рецепт открытия прост и хорошо известен: необходимо в нужное время навести телескоп в нужную точку. Остальное — дело техники. А если, как говорят на Востоке, черный ветер неудачи погнал парус ваших ожиданий в сторону, противоположную от берега открытий, оправдаться всегда можно непогодой.

Кстати, о погоде. Мы делим погоду на плохую и хорошую. Плохая погода, по мнению астрономов, бывает всегда, а вот хорошая наступает лишь при одном из условий: либо вышел из строя телескоп, либо на небе в это время нет ваших объектов, либо полная Луна мешает рассмотреть на небе даже то, что без



нее хорошо видно невооруженным глазом.

Как и во всякой другой развитой науке, в астрономии сотрудники делятся на экспериментаторов, теоретиков и ученых. Однако слово «экспериментатор», кроме как в изде-



вательском смысле, вы не услышите ни на одной обсерватории. Все, кто имеет дело с телескопами и измерениями, называются здесь ни к чему не обязывающим словом «наблюдатели». Назвавшись так, наблюдатели сразу ставят себя вне эксперимента, что, впрочем, не приближает их и к теоретикам. Между двумя этими категориями нет большой разницы, кроме разве мелочи — теоретики не умеют наблюдать. Возможно, именно поэтому они чаще делают открытия, но все же надежнее, хотя и реже, это получается у наблюдателей. Если умение наблюдать и размышлять воплощено в одной голове, то весьма вероятно, что голова эта принадлежит ученому. Более точного определения последняя группа астрономов еще не получила ввиду исключительной редкости ярковыраженных экземпляров.

Одно качество отличает моих коллег — они любят все большое: большие числа, огромные телескопы, гигантские звезды, чудовищные расстояния. Но больше всего они любят горы, и все, что ни есть хорошее, везут туда — от людей подальше. Именно поэтому побывать на настоящей обсерватории, да еще ночью, удастся лишь счастливым. Но даже если вы относите себя к таковым, не надейтесь, взглянув в телескоп, проникнуть взором в загадочные области Вселенной, увидеть, как рождаются и умирают звезды, обнаружить марсиан или следы других цивилизаций. Не обольщайтесь пустой романтикой, все выглядит гораздо прозаичнее.

Из светлого коридора вас заведут в совершенно темную яму, где неиз-

# 4 ИЮЛЬ АВГУСТ 1977 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

## Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физико-математических наук Д. Я. МАРТЫНОВ. Ответственный секретарь кандидат педагогических наук Е. П. ЛЕВИТАН. Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ

Адрес редакции: 117049, Москва В-49, Маро́новский пер., д. 26, комн. 329—331, тел. 237-02-67, 237-59-93

Художественный редактор:  
Л. Я. Шимкина

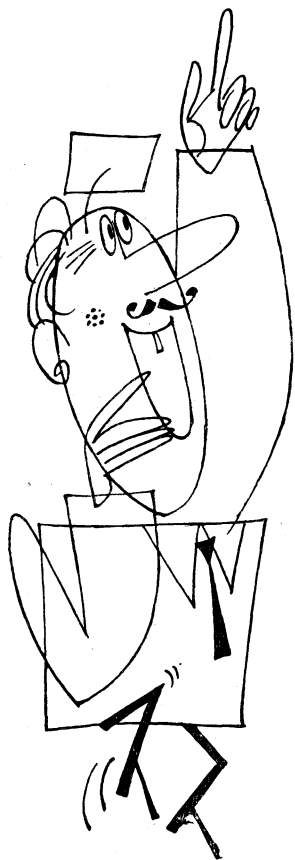
Корректоры: С. М. Веритэ,  
Т. Н. Морозова

Номер оформили: Калашникова А. Г.,  
Капусткин А. А., Кноп В. И., Тенчурина Е. К., Фрумсон Н. Н.

Т-09949. Подписано в печать 7/VI 1977 г.  
Сдано в набор 28/III 1977 г.  
Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. л. 3,0.  
Печ. л. 6,0(10,08). Уч.-изд. л. 11,4. Цена 50 коп.  
Тираж 53.000. Заказ 2024.

121099, Москва Г-99, Шубинский пер., 10  
2-я типография издательства «Наука»

МОЯ  
ЗВЕЗДА



вершок выше метра, обязательно встретитесь с каким-нибудь металлическим выступом. Вслед за этим вы подниметесь на несколько ступенек по шаткой стремянке, на верху которой для удобства наблюдений стоит качающийся ящик, и вам скажут: «А теперь смотрите вот сюда». Это самое «сюда» придется долго искать, широко раскрыв в темноте глаза и для надежности выставив вперед десять растопыренных пальцев. Через пару минут, если вы к своему удивлению все еще не расстались с лестницей, ящиком и надеждой кое-что увидеть, вы вдруг почувствуете резкую боль под правой бровью. Она свидетельствует о благополучном исходе поиска... Когда ослабевший болевой шок позволит открыть глаз, то вам, может быть, повезет увидеть на сером фоне несколько светлых пятнышек, особенно, если надеть очки. Не исключено, эти пятнышки могут оказаться звездами, при условии, что на дворе нет дождя и ваш гид перед демонстрацией неба не забыл открыть купол телескопа.

Каждый нормальный человек рождается под своей звездой, звездой печального рока, или счастливой судьбы. И лишь астроном составляет исключение, подтверждающее истину, что сапожник ходит без сапог. Пройдут десятилетия, прежде чем он сам откроет «свою» звезду, единственную и неповторимую, далекую, но пленительную, которая вернее тысячи гороскопов определит его дальнейший путь.

А. Ф. ПУГАЧ

вестно зачем (а может быть, именно для того, чтобы подчеркнуть непроницаемость мрака) мерцают несколько красноватых точек. Потом схватят за рукав и рывком дернут в сторону, где вы, будь ростом хоть на

# СОГЛАШЕНИЕ

## между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях

Союз Советских Социалистических Республик и Соединенные Штаты Америки,

учитывая роль, которую СССР и США играют в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях,

стремясь к дальнейшему расширению сотрудничества между СССР и США в освоении космического пространства в мирных целях,

отмечая накопленный сторонами положительный опыт сотрудничества в этой области,

желая поставить на благо народов двух стран и всех народов мира результаты научных исследований, полученные в деле освоения космоса, в мирных целях,

принимая во внимание положения Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, а также соглашения о спасании космонавтов, возвращении космонавтов и возвращении объектов, запущенных в космическое пространство, воодушевленные прогрессом, достигнутым в ходе взаимосогласованной деятельности, проводимой в соответствии с соглашением между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях, подписанным 24 мая 1972 года,

в соответствии с общим соглашением между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки о контактах, обменах и сотрудничестве в области науки, техники, образования, культуры и других областях, подписанным

19 июня 1973 года, и в целях дальнейшего развития принципов взаимовыгодного сотрудничества между двумя странами,

согласились о нижеследующем:

### Статья 1.

Стороны будут продолжать развивать сотрудничество в таких научных и прикладных областях космонавтики, как космическая метеорология, изучение природной среды, исследование околоземного космического пространства, Луны и планет, космическая биология и медицина, спутниковые поисково-спасательные системы и, в частности, будут сотрудничать в целях принятия всех необходимых мер для поощрения и обеспечения выполнения «Итогового документа о результатах обсуждения вопросов сотрудничества в исследовании космического пространства между Академией наук СССР и Национальным управлением США по аэронавтике и исследованию космического пространства» от 21 января 1971 года, вторично продленного на очередной срок.

### Статья 2.

Стороны будут осуществлять такое сотрудничество через свои соответствующие государственные учреждения путем взаимного обмена научной информацией и делегациями, организации встреч ученых и специалистов обеих стран, а также в таких других формах, по которым может быть достигнута взаимная договоренность. Для разработки и осуществления соответствующих программ сотрудничества могут создаваться смешанные рабочие группы.

### Статья 3.

Стороны будут принимать все необходимые меры для дальнейшего развития сотрудничества в области пилотируемых космических полетов в научных и прикладных целях, включая использование при совместных полетах совместимых средств сближения и стыковки, созданных на основе тех, которые были разработаны во время экспериментального полета космических кораблей «Союз» и «Аполлон» в июле 1975 года. Совместные работы по этому направлению будут осуществляться в соответствии с соглашением между Академией наук СССР и Национальным управлением США по аэронавтике и исследованию космического пространства о сотрудничестве в области пилотируемых космических полетов от 11 мая 1977 года.

### Статья 4.

Стороны будут способствовать международным усилиям, направленным на решение международно-правовых проблем исследования и использования космического пространства в мирных целях во имя укрепления правопорядка в космосе и дальнейшего развития международного космического права, и будут сотрудничать между собой в этой области.

### Статья 5.

Стороны могут по взаимной договоренности определять другие области сотрудничества в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях.

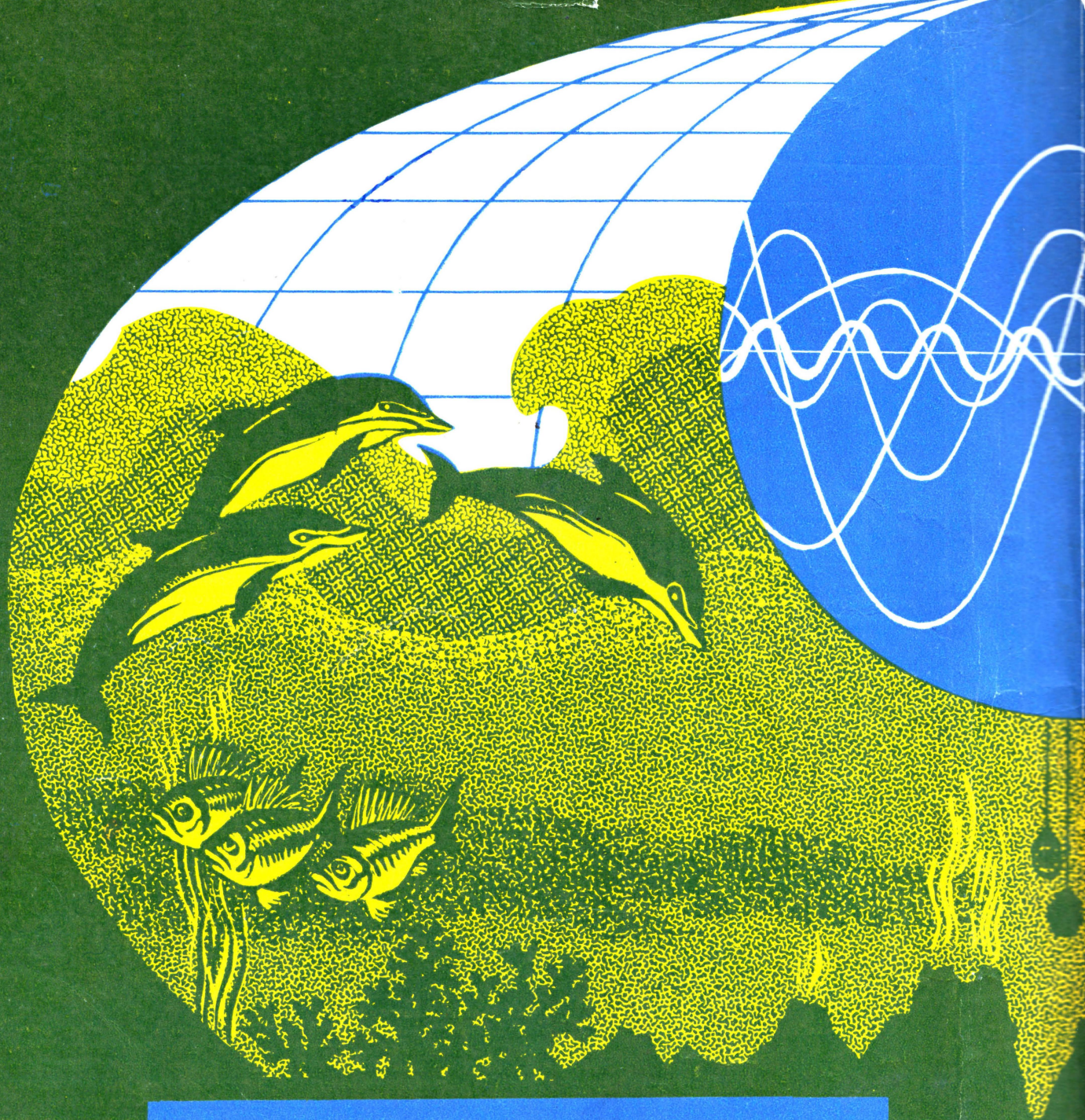
Настоящее соглашение вступает в силу 24 мая 1977 года и будет действовать в течение пяти лет. Оно может быть изменено и продлено по взаимному согласию сторон.

Совершено 18 мая 1977 года в городе Женеве в двух экземплярах, каждый на русском и английском языках, причем оба текста имеют одинаковую силу.

За Союз Советских  
Социалистических Республик  
А. ГРОМЫКО

За Соединенные  
Штаты Америки  
С. ВЭНС

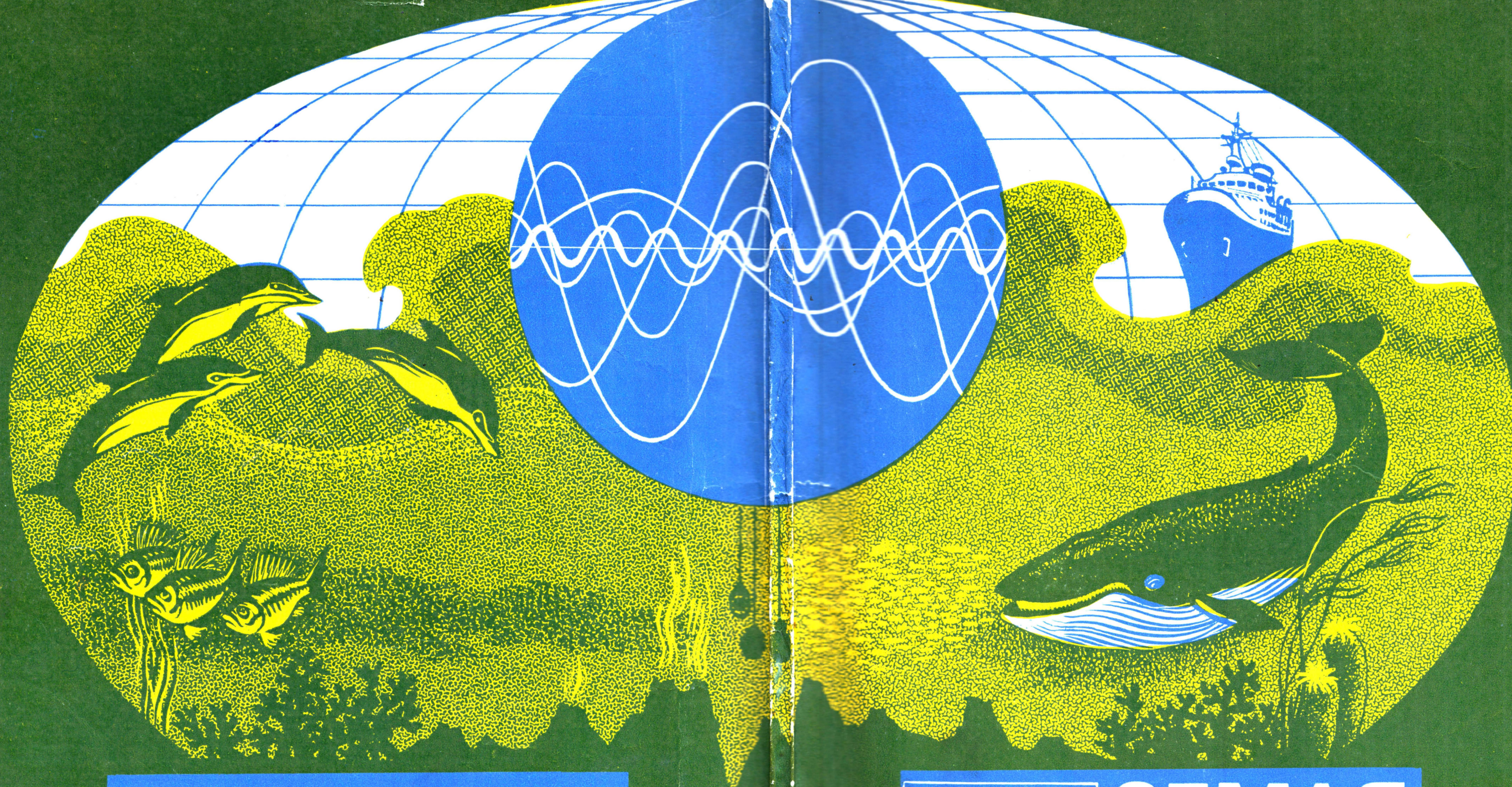




ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 50 КОП  
ИНДЕКС 70336





ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 50 КОП  
ИНДЕКС 70336

4<sup>1977</sup> ЗЕМЛЯ  
И  
ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·  
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·